COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTIÈME.

JANVIER — JUIN 1915.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et C[ie], IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

1915

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1915.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

Jordan (Marie-Ennemond-Camille) (O. ✻).
Picard (Charles-Émile) (O. ✻).
Appell (Paul-Émile) (C. ✻).
Painlevé (Paul) ✻.
Humbert (Marie-Georges) (O. ✻).
Hadamard (Jacques-Salomon) ✻.

Section II. — *Mécanique.*

Boussinesq (Joseph-Valentin) (O. ✻).
Deprez (Marcel) (O. ✻).
Léauté (Henry-Charles-Victor-Jacob) (O. ✻).
Sebert (Hippolyte) (C. ✻).
Vieille (Paul-Marie-Eugène) (O. ✻).
Lecornu (Léon-François-Alfred) (O. ✻).

Section III. — *Astronomie.*

Wolf (Charles-Joseph-Étienne) (O. ✻).
Deslandres (Henri-Alexandre) ✻.
Bigourdan (Guillaume) ✻.
Baillaud (Édouard-Benjamin) (C. ✻).
Hamy (Maurice-Théodore-Adolphe) ✻.
Puiseux (Pierre-Henri) ✻.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Grandidier (Alfred) (O. ✻).
Bassot (Jean-Antoine-Léon) (C. ✻).
Guyou (Émile) (C. ✻).
Hatt (Philippe-Eugène) (O. ✻).
Bertin (Louis-Émile) (C. ✻).
Lallemand (Jean-Pierre, *dit* Charles) (O. ✻).

SECTION V. — *Physique générale.*

Messieurs :

LIPPMANN (Jonas-Ferdinand-Gabriel) (C. ✻).
VIOLLE (Louis-Jules-Gabriel) (O. ✻).
AMAGAT (Hilaire-Émile) (O. ✻).
BOUTY (Edmond-Marie-Léopold) (O. ✻).
VILLARD (Paul-Alfred) ✻.
BRANLY (Désiré-Eugène-Édouard) ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

GAUTIER (Émile-Justin-Armand) (C. ✻).
LEMOINE (Clément-Georges) (O. ✻).
HALLER (Albin) (C. ✻).
LE CHATELIER (Henry-Louis) (O. ✻).
JUNGFLEISCH (Émile-Clément) (O. ✻).
MOUREU (François-Charles-Léon) ✻.

SECTION VII. — *Minéralogie.*

BARROIS (Charles-Eugène) (O. ✻).
DOUVILLÉ (Joseph-Henri-Ferdinand) (O. ✻).
WALLERANT (Frédéric-Félix-Auguste) ✻.
TERMIER (Pierre-Marie) (O. ✻).
LAUNAY (Louis-Auguste-Alphonse DE) ✻.
N . . . .

SECTION VIII. — *Botanique.*

GUIGNARD (Jean-Louis-Léon) (O. ✻).
BONNIER (Gaston-Eugène-Marie) (O. ✻).
PRILLIEUX (Édouard-Ernest) (O. ✻).
ZEILLER (Charles-René) (C. ✻).
MANGIN (Louis-Alexandre) (C. ✻).
COSTANTIN (Julien-Noël) ✻.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

Messieurs :

SCHLŒSING (Jean-Jacques-Théophile) (C. ✻).
CHAUVEAU (Jean-Baptiste-Auguste) (G. O. ✻).
MÜNTZ (Charles-Achille) (O. ✻).
ROUX (Pierre-Paul-Émile) (G. O. ✻).
SCHLŒSING (Alphonse-Théophile) (O. ✻).
MAQUENNE (Léon-Gervais-Marie) ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

RANVIER (Louis-Antoine) (O. ✻).
PERRIER (Jean-Octave-Edmond) (C. ✻).
DELAGE (Marie-Yves) (O. ✻).
BOUVIER (Louis-Eugène) (O. ✻).
HENNEGUY (Louis-Félix) (O. ✻).
MARCHAL (Paul-Alfred) ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

BOUCHARD (Charles-Jacques) (G. C. ✻).
GUYON (Casimir-Jean-Félix) (C. ✻).
ARSONVAL (Jacques-Arsène D') (C. ✻).
LAVERAN (Charles-Louis-Alphonse) (C. ✻).
DASTRE (Albert-Jules-Frank) (O. ✻).
RICHET (Robert-Charles) (C. ✻).

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

DARBOUX (Jean-Gaston) (G. O. ✻), pour les Sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-Alfred) ✻, pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

Messieurs :

FREYCINET (Charles-Louis DE SAULSES DE) (O. ☼).
HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon) (G. O. ☼).
CARNOT (Marie-Adolphe) (C. ☼).
LABBÉ (Léon) (C. ☼).
BONAPARTE (Le prince Roland).
CARPENTIER (Jules-Adrien-Marie-Léon) (C. ☼).
TISSERAND (Louis-Eugène) (G. O. ☼).
LANDOUZY (Louis-Théophile-Joseph) (C. ☼).
BLONDEL (André-Eugène) ☼.
GRAMONT (Le comte Antoine-Alfred-Arnaud-Xavier-Louis DE) ☼.

MEMBRES NON RÉSIDENTS.

SABATIER (Paul) (O. ☼), à Toulouse.
GOUY (Louis-Georges) ☼, à Lyon.
BAZIN (Henry-Émile) (O. ☼), à Chenôve (Côte-d'Or).
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien) ☼, à Lyon.
GOSSELET (Jules-Auguste-Alexandre) (O. ☼), à Lille.
DUHEM (Pierre-Maurice-Marie), à Bordeaux.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

MONACO (S. A. S. Albert Ier, Prince souverain DE) (G. C. ☼).
RAYLEIGH (Lord), à Witham (Angleterre) (O. ☼).
BAEYER (Adolf VON), à Munich.
VAN DER WAALS (Joannes-Diderik), à Amsterdam.
DEDEKIND (Julius-Wilhelm-Richard), à Brunswick.
HITTORF (Wilhelm), à Munster.
RAMSAY (Sir William) (O. ☼), à Londres.
LANKESTER (Edwin-Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik-Antoon), à Leyde.
METCHNIKOFF (Élie) (C. ☼), de Kharkoff (Russie), en résidence à Paris.
SCHWENDENER (Simon), à Berlin.
N. . . . .

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

Messieurs :

SCHWARZ (Hermann-Amandus), à Grünewald, près Berlin.
KLEIN (Félix), à Gœttingue.
ZEUTHEN (Hieronymus-Georg), à Copenhague.
MITTAG-LEFFLER (Magnus-Gustaf) (C. ✻), à Stockholm.
NŒTHER (Max), à Erlangen.
VOLTERRA (Vito), à Rome.
GUICHARD (Claude), à Paris.
HILBERT (David), à Gœttingue.
COSSERAT (Eugène-Maurice-Pierre), à Toulouse.
N. . . . .

SECTION II. — *Mécanique* (10).

VALLIER (Frédéric-Marie-Emmanuel) (O. ✻), à Versailles.
WITZ (Marie-Joseph-Aimé), à Lille.
ZABOUDSKI (Nicolas), à Saint-Pétersbourg.
LEVI-CIVITA (Tullia), à Padoue.
VOIGT (Woldemar), à Gœttingue.
BOULVIN (Jules), à Gand.
SCHWOERER, à Colmar.
SPARRE (Le comte Magnus-Louis-Marie DE), à Lyon.
PARENTY (Henry-Louis-Joseph) (O. ✻), à Lille.
N. . . . .

SECTION III. — *Astronomie* (16).

LOCKYER (Sir Joseph-Norman), à Londres.
STEPHAN (Jean-Marie-Édouard) (O. ✻), à Marseille.
AUWERS (Arthur), à Berlin.
BACKLUND (Oskar) (G. O. ✻), à Poulkova.
BAKHUYZEN (VAN DE SANDE) (C. ✻), à Leyde.

Messieurs :

CHRISTIE (William-Henry), à Greenwich (Angleterre).
HILL (George-William), à West-Nyack (États-Unis).
WEISS (Edmund) (O. ☼), à l'Observatoire de Vienne.
PICKERING (Edward-Charles), à Cambridge (Massachusetts).
GAILLOT (J.-B.-Aimable) (O. ☼), à La Varenne-Saint-Hilaire (Seine).
TURNER (Herbert-Hall), à Oxford.
HALE (George-Ellery), à Mount Wilson (Californie).
KAPTEYN (Jacobus-Cornelius) ☼, à Groningue.
VERSCHAFFEL (Aloys), à Abbadia (Basses-Pyrénées).
LEBEUF (Auguste-Victor) ☼, à l'Observatoire de Besançon.
DYSON (F.-W.), à Greenwich.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

TEFFÉ (le baron DE), à Rio-de-Janeiro.
NANSEN (Fridtjof) (C. ☼), à Bergen (Norvège).
HELMERT (Frédéric-Robert), à Potsdam.
COLIN (le R. P. Édouard-Élie), à Tananarive.
GALLIENI (Joseph-Simon) (G. C. ☼), à Paris.
BRASSEY (Thomas, Lord) (C. ☼), à Londres.
ALBRECHT (Carl-Theodor), à Potsdam.
HEDIN (Sven-Anders) (C. ☼), à Stockholm.
HILDEBRANDSSON (Hugo-Hildebrand) (O. ☼), à Upsal.
DAVIS (William-Morris) ☼, à Cambridge (Massachusetts).

SECTION V. — *Physique générale* (10).

BLONDLOT (Prosper-René) (O. ☼), à Nancy.
MICHELSON (Albert-A.), à Chicago.
BENOÎT (Justin-Miranda-René) (O. ☼), à Sèvres.
CROOKES (Sir William), à Londres.
BLASERNA (Pietro) (C. ☼), à Rome.
GUILLAUME (Charles-Édouard) (O. ☼), à Sèvres.
ARRHENIUS (Svante-August), à Stockholm.
THOMSON (Joseph-John), à Cambridge.
RIGHI (Auguste), à Bologne.
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10).

Messieurs :

ROSCOË (Sir Henry-Enfield) (O. ✻), à Londres.
FISCHER (Emil), à Berlin.
FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-Robert DE) (O. ✻), à Montpellier.
GUYE (Philippe-Auguste) ✻, à Genève.
GUNTZ (Nicolas-Antoine) ✻, à Nancy.
GRAEBE (Carl), à Francfort-sur-le-Mein.
BARBIER (François-Antoine-Philippe) (O. ✻), à Lyon.
CIAMICIAN (Giacomo) ✻, à Bologne.
CHARPY (Augustin-Georges-Albert) ✻, à Montluçon.
GRIGNARD (François-Auguste-Victor) ✻, à Nancy.

Section VII. — *Minéralogie* (10).

GEIKIE (Sir Archibald) (O. ✻), à Londres.
TSCHERMAK (Gustav), à Vienne.
ŒHLERT (Daniel) (O. ✻), à Laval.
BRÖGGER (Waldemar-Christofer) (C. ✻), à Christiania.
HEIM (Albert), à Zurich.
KILIAN (Charles-Constant-Wilfrid) ✻, à Grenoble.
LEHMANN (Otto), à Carlsruhe.
GROSSOUVRE (Félix-Albert Durand DE) (O. ✻), à Bourges.
VASSEUR (Casimir-Gaston), à Marseille.
BECKE (Friedrich-Johann-Karl), à Vienne.

Section VIII. — *Botanique* (10).

GRAND'EURY (François-Cyrille) ✻, à Saint-Étienne.
PFEFFER (Wilhelm-Friedrich-Philipp), à Leipzig.
WARMING (Johannes-Eugenius-Beilow), à Copenhague.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie) (O. ✻), à Montpellier.
BERTRAND (Charles-Eugène) ✻, à Lille.
BOUDIER (Jean-Louis-Émile) ✻, à Montmorency.
WIESNER (Julius), à Vienne.
ENGLER (Heinrich-Gustav-Adolf), à Dahlem, près Berlin.
VRIES (Hugo DE), à Amsterdam.
VUILLEMIN (Jean-Paul), à Mazéville, près Nancy.

Section IX. — *Économie rurale* (10).

Messieurs :

Gayon (Léonard-Ulysse) (o. ✻), à Bordeaux.
Winogradski (Serge), à Saint-Pétersbourg.
Yermoloff (Alexis) (c. ✻), à Saint-Pétersbourg.
Heckel (Édouard-Marie) (c. ✻), à Marseille.
Godlewski (Emil), à Cracovie.
Perroncito (Edouardo) (o. ✻), à Turin.
Wagner (Paul), à Darmstadt.
Leclainche (Auguste-Louis-Emmanuel) (o. ✻), à Toulouse.
Imbeaux (Charles-Édouard-Augustin) ✻, à Nancy.
Balland (Joseph-Antoine-Félix) (o. ✻), à Saint-Julien (Ain).

Section X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Fabre (Jean-Henri) (o. ✻), à Sérignan (Vaucluse).
Retzius (Gustave) (c. ✻), à Stockholm.
Maupas (François-Émile) ✻, à Alger.
Waldeyer (Henri-Guillaume-Godefroi), à Berlin.
Simon (Eugène-Louis) ✻, à Lyons-la-Forêt (Eure).
Francotte (Charles-Joseph-Polydore), à Bruxelles.
Renaut (Joseph-Louis) ✻, à Lyon.
Yung (Émile-Jean-Jacqnes), à Genève.
Lœb (Jacques), à New-York.
N. . . . .

Section XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

Lépine (Jacques-Raphaël) (o. ✻), à Lyon.
Czerny (Vincent-Joseph), à Heidelberg.
Baccelli (Guido) (g. o. ✻), à Rome.
Calmette (Léon-Charles-Albert) (c. ✻), à Lille.
Manson (Sir Patrick), à Londres.
Pavlov (Jean-Petrovitz), à Saint-Pétersbourg.
Bernstein (Julien), à Halle-sur-Saale.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JANVIER 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

M. P. **Appell**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1914.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1915.

Volumes publiés.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les Tomes 155 (2e semestre de l'année 1912) et 156 (1er semestre de l'année 1913) sont parus avec leurs Tables.

Les numéros du 2e semestre de l'année 1913, et des 1er et 2e semestres de l'année 1914 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Mémoires de l'Académie. — Le Tome LII, 2e série, a été mis en distribution.

Procès-Verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835. — Le Tome V est paru et sera prochainement distribué.

Volumes en cours de publication.

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS. — Le Tome XXXV, composé d'un Mémoire de M. Gabriel Kœnigs, intitulé : *Mémoire sur les courbes conjuguées dans le mouvement relatif le plus général de deux corps solides*, et d'un Mémoire de M. Louis Roy, intitulé : *Sur le mouvement des milieux visqueux et les quasi-ondes*, est sous presse et paraîtra incessamment.

Procès-Verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835. — Les 25 premières feuilles du Tome VI sont composées.

Changements survenus parmi les Membres depuis le 1er janvier 1914.

Membres décédés.

Secrétaire perpétuel. — M. **Ph. van Tieghem**, Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques, le 28 avril.

Associé étranger. — M. **Édouard Suess**, le 26 avril.

Membres élus.

Académicien titulaire. — M. **Ch. Richet**, le 19 janvier, en remplacement de M. Lucas-Championnière, décédé.

Secrétaire perpétuel. — M. **A. Lacroix**, le 8 juin, en remplacement de M. Ph. van Tieghem, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Minéralogie. — M. **A. Lacroix**, élu Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques, le 8 juin 1914.

Associé étranger. — M. **Édouard Suess**, décédé le 26 avril 1914.

Changements survenus parmi les Correspondants depuis le 1er janvier 1914.

Correspondants décédés.

Section de Mécanique. — M. **Considère**, à Paris, le 3 août.

Section d'Astronomie — Sir **David Gill**, à Londres, le 24 janvier.

Section de Minéralogie. — M. **Harry Rosenbusch**, à Heidelberg, le 20 janvier.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Jean Pérez**, à Bordeaux, en septembre.

Correspondants élus.

Section de Mécanique. — M. **Parenty**, à Lille, le 2 février, en remplacement de M. Duhem, élu Membre non résident.

Section d'Astronomie. — M. **Dyson**, à Greenwich, le 29 juin, en remplacement de Sir David Gill, décédé.

Section de Minéralogie. — M. **Vasseur**, à Marseille, le 12 janvier, en remplacement de M. Gosselet, élu Membre non résident; M. **Becke**, à Vienne, le 27 avril, en remplacement de M. Rosenbusch, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Yung**, à Genève, le 30 mars, en remplacement de M. Metchnikoff, élu Associé étranger; M. **Loeb**, à New-York, le 25 mai, en remplacement de Lord Avebury, décédé.

Correspondants à remplacer.

Section de Géométrie. — M. **Paul Gordan**, à Erlangen, décédé le 21 décembre 1912.

Section de Mécanique. — M. **Considère**, à Paris, décédé le 3 août 1914.

Section de Physique générale. — M. **Gouy**, à Lyon, élu Membre non résident, le 28 avril 1913.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Jean Pérez**, à Bordeaux, décédé en septembre 1914.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Ernst von Leyden**, à Berlin, décédé le 5 octobre 1910; M. **Mosso**, à Turin, décédé le 24 octobre 1910; M. **Zambaco**, à Constantinople, décédé en décembre 1913.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. E. **Perrier**, en prenant possession du fauteuil de la Présidence, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

L'honneur qui échoit à un Président de l'Académie des Sciences est de ceux auxquels on n'arrive qu'avec le temps; il évoque plus de souvenirs qu'il n'éveille d'espoirs, et il n'est pas, en conséquence, sans apporter avec lui quelque mélancolie. Heureusement, la moisson de souvenirs agréables que j'ai pu amasser durant les 22 années que j'ai passées parmi d'illustres savants est trop riche pour laisser place dans mon esprit à autre chose qu'à la reconnaissance. Je compte, pour l'accomplissement de la tâche que vous m'avez confiée pour un an, sur la bienveillance que vous m'avez toujours témoignée, et qui m'est aujourd'hui plus nécessaire que jamais.

Aussi bien cette tâche sera-t-elle moins lourde que celle de mon prédécesseur, mon ancien élève à l'École Normale supérieure, Paul Appell. A la présidence de l'Académie des Sciences, il joignait celle de l'Institut tout entier, et il a eu, comme tel, à organiser la grande œuvre du Secours national, confiée par une haute inspiration au corps le plus impartial et le plus libre de notre pays. Par une heureuse coïncidence, elle se trouvait ainsi entre les mains d'un Français de l'Alsace.

Il m'appartient, et c'est pour moi une grande joie, de remercier, au nom

de l'Académie, notre président sortant du dévouement avec lequel il s'est acquitté de l'œuvre de délicate charité dont il avait la charge et du service considérable qu'il aura ainsi rendu au pays.

J'aurai à le faire plus solennellement à la fin de cette année, et ici s'ouvrent pour moi, de par les circonstances exceptionnelles où nous vivons, des espérances dont l'ampleur dépasse l'étendue des souvenirs. J'ose espérer que j'aurai à célébrer, à ce moment, la glorieuse victoire de nos admirables et héroïques armées, et l'établissement d'une paix définitive, au sein de laquelle une science généreuse et humaine pourra s'épanouir, apportant à tous, avec plus de bien-être matériel, une telle conscience de la valeur de la vie, que la seule idée d'une guerre — où tant de jeunes intelligences, dans lesquelles germait peut-être le génie bienfaisant d'un Pasteur, sont victimes des engins créés par une science de mort — apparaîtra comme une infernale monstruosité.

L'âge moyen des Académiciens ne leur permet pas, en général, de prendre part directement à la lutte épique qui prépare cet avenir de fraternité; mais leurs fils sont sous les drapeaux; plusieurs ont déjà payé de leur vie leur courageux dévouement aux causes que défendent notre patrie et ses valeureux alliés. Il me sera permis d'exprimer notre sympathie à ceux de nos confrères qui ont été frappés et de former des vœux pour l'heureux retour des soldats qui nous sont chers et qui ont été jusqu'ici épargnés.

Peut-être pourrons-nous nous consoler nous-mêmes d'avoir été retenus par la date de notre naissance loin des champs de bataille, en songeant que les sciences que nous avons cultivées auront préparé, par les progrès qu'elles ont fait accomplir à la pensée française, non seulement le succès de nos armes, mais aussi cette vaillance morale, faite de loyauté, de probité, de haute générosité dont le monde sait gré à notre pays d'avoir donné l'exemple.

MM. les **Ministres de la Guerre et de l'Instruction publique** font savoir qu'ils ont reçu, chacun en ce qui le concerne, les vœux émis par l'Académie dans sa séance du 30 novembre 1914 et que ces vœux ont été, de la part du Gouvernement, l'objet de la considération la plus sérieuse.

PHYSIQUE. — *Sur l'épreuve rapide des lunettes d'approche, et particulièrement de celles de petites dimensions. — Description d'une mire universelle pour cette épreuve.* Note [1] de M. G. **Bigourdan**.

Pour l'examen des miroirs et des objectifs on dispose de méthodes variées [2], permettant de déterminer leurs divers défauts : aberrations, astigmatisme, etc. Mais ces méthodes sont compliquées, longues et, en outre, exigent souvent un matériel spécial; aussi leur usage est presque toujours limité aux instruments de grande ou de moyenne puissance, aux instruments d'Observatoire. Pour les petits, tels que jumelles, lunettes de sextant, de théodolite, etc., on les éprouve d'ordinaire sur des mires terrestres présentant de fins détails. Ces mires, placées plus ou moins loin, sont ordinairement formées de caractères d'imprimerie de grandeur régulièrement croissante ou décroissante.

En supposant assez variée l'échelle de ces caractères, on peut ainsi juger des instruments examinés *comparativement*, de manière à reconnaître quel est le meilleur, à tel ou tel point de vue. Mais lorsque les instruments se trouvent en des lieux éloignés cela n'est plus possible, parce qu'aucune de ces mires n'est universellement acceptée. Une telle mire serait d'ailleurs difficile à reproduire identique à elle-même, au moins dans des lieux éloignés, en raison des différences que présentent dans les détails, d'un pays à l'autre, des caractères d'imprimerie de même hauteur. En outre, les résultats de l'examen, sur des mires de ce genre, sont vagues et en grande partie subjectifs.

Pour cette raison, je propose l'emploi de la mire qui est représentée dans la figure suivante : elle peut être reproduite partout identique à elle-même, et, par suite, peut devenir *universelle*. Elle se compose, comme on voit, d'un certain nombre de groupes de raies noires sur fond blanc, couvrant des carrés sensiblement égaux, de 10^{mm} de côté, et symétriquement distribués.

Dans chaque groupe, les traits noirs et les intervalles blancs ont tous

---

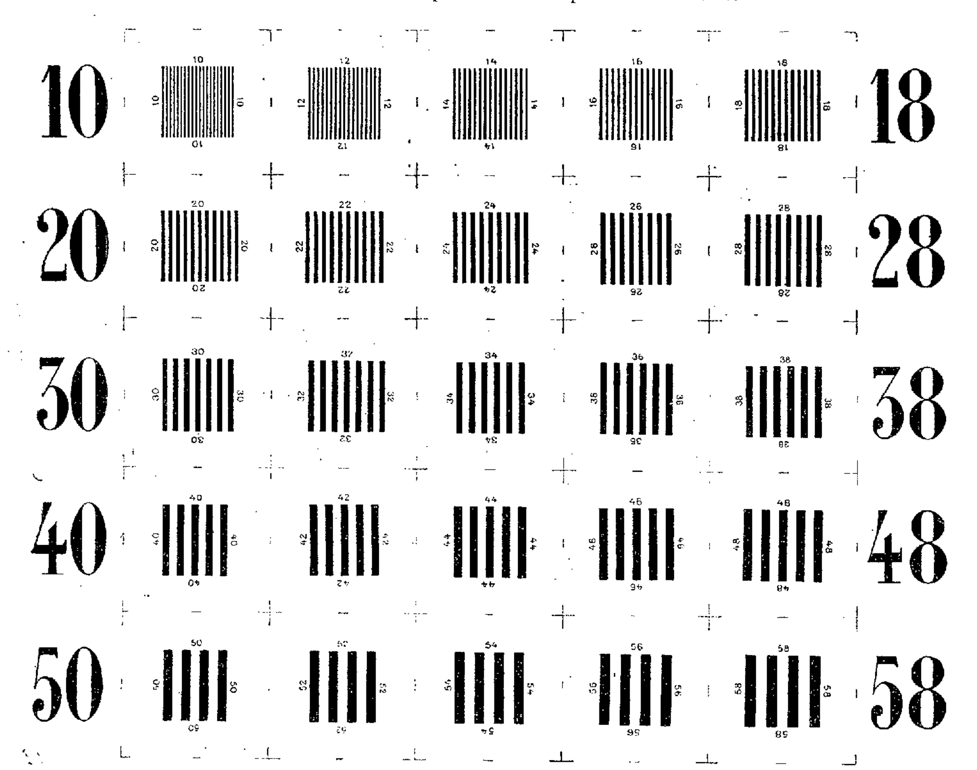
(1) Séance du 28 décembre 1914.

(2) Voir, par exemple, G. Bigourdan, *Les méthodes d'examen des miroirs et des objectifs* (Notice de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1915).

même largeur [1], et cette largeur varie régulièrement d'un groupe au suivant.

Les numéros qui désignent chaque carré expriment, en secondes d'arc, l'angle sous-tendu par la somme des largeurs d'un blanc et d'un noir consécutifs (ou par la distance des milieux de deux blancs ou de deux noirs consécutifs) *quand la mire est placée à* 10^{m},00 *de distance*.

Mire Universelle pour l'essai rapide des lunettes.



Voici comment on procédera avec cette mire pour déterminer les principales caractéristiques d'un objectif monté en lunette [2] et posée immobile sur un pied.

Pouvoir séparateur. — Plaçons la mire sur un tableau situé à une

(1) Déjà, il y a plus de 150 ans, T. Mayer employait, pour étudier l'acuité de la vision, des lignes noires parallèles séparées par des lignes blanches de même largeur.

(2) Tout ce que nous disons ici s'applique identiquement à un miroir monté en télescope.

distance d convenable (¹) et normalement au rayon visuel venant de l'objectif : en désignant par n le numéro d'un carré quelconque, l'angle sous-tendu *à cette distance* par la somme des largeurs d'un blanc et d'un noir consécutifs est égal à $\frac{10n}{d}$, d étant exprimé en mètres.

Tout étant ainsi réglé, on examinera à la lunette divers carrés de la mire, amenés chacun au centre du champ : tandis que les traits les plus gros seront bien distincts, les carrés formés par les plus fins présenteront une teinte grise uniforme; il se trouvera un groupe intermédiaire dont les divisions seront à la limite de visibilité et qui ainsi fera la transition entre les carrés gris et ceux dont les traits sont distincts : c'est celui qui correspond au *pouvoir séparateur* de la lunette (centre du champ).

Ce premier résultat donnera immédiatement une idée de la valeur de la lunette. Les expériences de Foucault, confirmées par celles de MM. C. Wolf et André, ont montré, en effet, sur des mires analogues, que le pouvoir séparateur d'un objectif de $0^m,13$ d'ouverture est $1''$; et, d'autre part, que le pouvoir séparateur est proportionnel à l'ouverture de l'objectif, de sorte que celui dont l'ouverture sera 2, 3, 4, ... fois plus petite que $0^m,13$ résoudra tout juste l'angle de $2''$, $3''$, $4''$, ...

Supposons, par exemple, que l'objectif considéré ait 55^{mm} d'ouverture et dédouble $3''$: comme ce pouvoir séparateur de $3''$ répond à 44^{mm}, on en conclut que l'objectif est médiocre (²), puisqu'il ne montre pas de plus fins détails qu'un très bon objectif de 44^{mm} d'ouverture. On peut admettre que sa qualité est exprimée par le rapport de 44 à 55 ou par une de ses puissances, la seconde probablement.

On pourra répéter les mêmes épreuves après avoir diaphragmé plus ou moins l'objectif considéré : si le pouvoir optique *relatif* à la nouvelle ouverture se trouvait accru, on en conclurait que ce sont surtout les bords de l'objectif qui sont médiocres, ainsi qu'il arrive assez souvent.

(¹) Cette distance d sera choisie autant que possible en rapport avec celle pour laquelle la lunette doit servir : s'il s'agit d'une jumelle de spectacle, une distance de 10^m à 20^m sera très convenable. En général on choisira une distance de 200 à 300 fois la longueur focale de la lunette, mais au besoin on peut descendre à 100 fois, sans grand inconvénient, parce qu'il ne s'agit que de petits instruments. Au contraire, il serait nuisible de prendre d très grand, si les ondulations de l'air devaient ainsi devenir sensibles dans la lunette.

(²) Cela suppose que la constante de Foucault ($1''$ pour $0^m,13$ d'ouverture) est applicable avec les faibles oculaires qu'on adapte généralement aux jumelles et autres petites lunettes : cela sera vérifié par des observations directes que j'ai déjà commencées, et dans lesquelles je me propose d'examiner l'influence de la longueur focale, de la force de l'oculaire et de l'éclairement plus ou moins intense de la mire.

Astigmatisme. — On pourra avoir séparément une idée de l'astigmatisme de l'instrument, et de celui de l'œil, en employant plusieurs de ces mires, dont on inclinera plus ou moins les traits sur l'horizontale. En général deux mires suffiront, l'une ayant ses traits verticaux et l'autre horizontaux.

Champ. — Sur le même tableau et suivant deux droites rectangulaires, plaçons un certain nombre de ces mires, à des distances mutuelles correspondant à un demi-degré par exemple : on aura ainsi dans le champ un égal nombre de points régulièrement distribués, et pour chacun desquels on pourra évaluer le pouvoir séparateur, relatif à telle mise au point qu'on voudra. Il sera donc possible d'exprimer numériquement l'étendue du champ et les valeurs relatives de ses diverses parties.

Le plus souvent on pourra se borner à placer des mires sur une seule droite.

La disposition adoptée pour cette mire permet d'éviter toute préoccupation nuisible, comme celle qui naîtrait de la contiguïté de carrés où la distance des traits est presque la même. En effet, la mire peut être découpée en bandes horizontales, ou verticales, ou même en carrés individuels, tous susceptibles d'être disposés dans un ordre quelconque. Pour faire ces découpages il suffira de suivre les traits pointillés, qui déterminent des parties exactement juxtaposables et présentant la même symétrie.

Les nombres plus forts inscrits sur les côtés serviront à un observateur isolé qui voudra connaître le numéro répondant à tel carré donné. On les supprimera quand on craindra la préoccupation nuisible dont il vient d'être question.

RADIOGRAPHIE. — *Pellicule de gélatine, souple et ininflammable pour la Radiologie.* Note de M. L. **Landouzy**.

J'apporte des radiographies faites au Laboratoire de Radiologie de l'hôpital Laënnec, par mon collègue le D[r] Maingot.

Je les montre moins pour la netteté des images, moins pour l'appoint qu'elles prêtent (témoin la représentation d'une caverne dépistée chez un de mes malades par la percussion et par l'auscultation; témoin encore la représentation d'une main criblée de miettes, profondes et superficielles, d'éclats d'obus) au diagnostic de la nature, du siège et de l'étendue des

lésions ou des blessures. L'intérêt desdites radiographies est tout entier dans la manière dont elles sont obtenues, dans la matière impressionnable qui a fourni ces images.

Il s'agit d'un substratum pour émulsion sensible présentant, au point de vue de la radiographie médicale, et particulièrement de la radiographie aux armées, des avantages très appréciables.

La plaque de verre est remplacée par une mince feuille de gélatine parfaitement homogène et transparente, suffisamment résistante pour les manipulations photographiques et les tirages en nombre indéfini. Ces pellicules se conservent aussi longtemps que les plaques ordinaires, elles ont toutes les commodités des pellicules en celluloïde sur lesquelles elles l'emportent, en bon marché et surtout en sécurité, puisque, contrairement aux pellicules en celluloïde, elles sont ininflammables.

Les applications faites depuis quelque temps déjà à la cinématographie montrent que la finesse des images ne laisse rien à désirer. Les contrôles du Laboratoire de Radiodiagnostic de l'hôpital Laënnec confirment cette prévision, et montrent même que l'émulsion est un peu plus sensible aux rayons X que celle des plaques photographiques couramment employées. Les écrans intensificateurs peuvent être mis à profit comme avec les plaques.

La pellicule « *Securitas* » se compose pratiquement de trois parties : l'émulsion, le support en gélatine et une feuille de cartoline qui adhère à la gélatine par les bords. La cartoline soutient la gélatine pendant les opérations photographiques. Sans elle, la pellicule ramollie par les bains se chiffonnerait, se déformerait, se déchirerait. Après séchage, un coup de ciseau enlève les bords, la lame de cartoline tombe et la gélatine se présente absolument comme une pellicule de celluloïde.

Les manipulations photographiques se font comme sur les papiers au bromure : on les surveille soit par transparence, soit par réflexion.

Il faut avoir soin de ne séparer le papier de la couche transparente qu'après décision bien arrêtée de ne plus mouiller l'émulsion. Ainsi les renforcements, affaiblissements, virages ont lieu avant cette séparation.

Les aides qui développent les grandes plaques radiographiques verront tout de suite combien plus faciles à manipuler sont les pellicules dont les bords ne coupent pas et qu'on ne risque pas de briser comme le verre.

Le grand intérêt au point de vue médical, c'est d'abord la facilité d'avoir sous un volume réduit, sous un faible poids et sans danger de détérioration, les matériaux d'un grand nombre de radiographies, c'est-à-dire d'un grand nombre de documents à joindre à l'observation du malade. La moins-value

de ces pellicules, par rapport aux plaques de verre, invite à multiplier les poses successives dont chacune collabore à la précision du diagnostic.

Comme les papiers photographiques, les pellicules sont susceptibles d'être épinglées à la feuille d'observation, mais elles présentent sur les papiers l'inestimable avantage de se prêter à un nombre illimité de tirages et de conserver la précision des plus fins détails. Leur étude au négatoscope a toute la richesse documentaire de l'étude des plaques.

Dans certaines parties du corps, la plaque de verre trop rigide ne peut être introduite assez près des points à radiographier : si besoin est, la pellicule se moule sur les reliefs anatomiques et acquiert, d'un coup de ciseau, la configuration et les dimensions désirables; son introduction dans les cavités naturelles, en particulier dans la bouche pour obtenir l'image des dents, est possible à l'encontre de celle d'un morceau de verre indéformable et de dimension difficile à changer.

La pellicule ne se brise jamais, comme il arrive avec les plaques quand elles sont un peu en porte à faux, ou quand la forte pression, soit d'une saillie osseuse, soit d'un appareil plâtré, se répartit sur une étroite surface.

Une plaque 40×50 pèse en moyenne 995^{g}.

Une pellicule de mêmes dimensions pèse 80^{g} avant la séparation de la lame de cartoline. Celle-ci enlevée, le poids se réduit à 28^{g}, poids d'un tiers seulement plus élevé que celui d'une lettre à timbrer à 10 centimes; le poids du document à classer est diminué du poids du carton dont on n'a plus que faire toutes les manipulations terminées.

La boîte dans laquelle sont emballées douze plaques photographiques de 12^{kg} peut contenir 50 cartons pelliculés, du poids de 4^{kg}. Pour la commodité du transport, la pellicule se roule; d'un coup de ciseau, on peut enlever toute la surface inutile et ne conserver que la portion de pellicule portant l'image de la lésion intéressante. La facilité des recherches dans les archives d'un laboratoire est bien plus grande qu'avec les plaques de verre, et le volume plus restreint des documents apporte aux salles d'archives un désencombrement toujours désirable dans nos hôpitaux, où, sans trêve, malades de médecine et de chirurgie passent sous l'écran.

Ainsi la substitution au verre lourd, encombrant, fragile et cher, d'un produit léger, souple, bon marché, suffisamment résistant, transparent et homogène, ininflammable, constitue un sérieux perfectionnement de l'outillage de nos laboratoires de Radiologie.

Cette substitution de la plaque de gélatine à la plaque de verre constitue, surtout en chirurgie de guerre, d'inestimables avantages. Sans

parler de l'économie de volume et d'argent (25 pour 100 au moins) représentée par la plaque-gélatine sur la plaque de verre, la voiture de Radiologie, destinée à opérer sur l'arrière, emporte à poids égal, sans risques de casse, trois fois plus de matériel à impressionner.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Sur le* Solanum Caldasii *Kunth* (S. guaraniticum *Hassler*) *et sur la mutation gemmaire culturale de ses parties souterraines.* Note [1] de M. **Édouard Heckel.**

Dans de précédentes Communications, j'ai fait connaître la mutation gemmaire culturale de *S. immite* Dunal provenant de la station classique de Chancay, au-dessus de Lima (Pérou), et j'ai dû étudier de près, à l'occasion des cultures longuement continuées sur cette espèce, sa situation systématique mal établie dans la série des Solanum tubérifères. Cette étude, avec sa répercussion sur les espèces rapprochées fautivement de *S. immite*, fera l'objet d'un Mémoire spécial où j'établirai que *S. immite* n'a pas les liens de parenté morphologique avec *S. etuberosum* qu'on a invoqués quand on a voulu établir ses affinités [2].

Mais ayant, à propos de *S. immite* Dunal, mis en cause *S. etuberosum* Lindl., j'ai été naturellement conduit à examiner la condition du *Sol. Caldasii* Kunth, que M. Berthault (*Solanum tubérifères*, 1911, p. 154) considère comme très affine de *S. etuberosum* Lindl. et comme ne devant pas être retenu parmi les types très voisins de *S. tuberosum* Lin. Je me suis occupé d'autant plus facilement de la systématique de cette espèce que je l'ai longuement cultivée, depuis 1908, pour en obtenir la mutation; qu'elle est abondamment productive de tubercules, et que c'est seulement cette année (novembre 1914) qu'elle a donné des preuves de réalisation, dans

(1) Séance du 28 décembre 1914.

(2) L'erreur est attribuable à ce fait qu'aucun auteur (c'était cependant obligatoire et élémentaire) n'est remonté aux types de Dunal qui, existent cependant dans l'herbier Boissier (à Chambésy, près Genève) et aussi dans l'herbier Réquien (musée Calvet) à Avignon, où il était facile de les consulter, comme j'ai dû le faire moi-même, la diagnose du Prodrome ne donnant pas certains caractères aujourd'hui considérés comme importants. De là découlent, par enchaînement, une série d'erreurs successives qui s'étendent à toutes les espèces pour lesquelles on a admis des liens d'affinité avec ce *Solanum immite* Dunal. D'où aussi toute une série de rectifications à établir. La Note que je publie aujourd'hui est un des termes de cette série.

ses parties souterraines, de cette mutation. C'est une des espèces qui ont résisté le plus longtemps à cette forme de domestication.

On sait que *S. Caldasii*, et je le rappelle, a une synonymie chargée. Il a reçu successivement les noms de *S. Bitteri* Hassler; *S. guaraniticum* Hassler (non A. Saint-Hilaire) dans Fedde (*Rep. Bot.*, fasc. IX, 1911, p. 115), *S. Chacoense* Bitter et *S. pseudomaglia* Louis Planchon. Et cependant cette espèce se révèle comme un type bien spécial auquel M. Berthault a donné dans sa classification trop artificielle une place qui, certainement, ne lui appartient pas. Tout d'abord il la classe dans les Solanum tubérifères à corolle en roue et à sépales non mucronés. Les sépales n'y sont pas mucronés, c'est exact. Mais les pétales ne sont certainement pas en roue : tout au plus, comme le dit Dunal, dans sa diagnose du *Prodrome* relative à cette espèce, peut-on affirmer qu'elle est *semiquinquéfide* et d'un blanc lavé de vert d'eau. Elle devrait donc prendre place entre les vrais types à corolle en étoile comme *Sol. Commersonii* ou *S. polyadenium* par exemple, et les types en roue comme *S. tuberosum* L., *S. Maglia*, etc., c'est-à-dire le plus grand nombre de Solanum tubérifères.

D'autre part, cette espèce [1] s'est montrée à la culture comme capable de variations multiples et partielles, tout en ne mutant pas jusqu'à cette année.

C'est ainsi que les pédoncules floraux indiqués comme « *basi articulati* » par Dunal sont bien toujours articulés, mais tantôt à la base, au milieu et même au tiers supérieur. J'ai obtenu à Marseille, où j'en ai eu à la fois plus de 50 pieds en culture (1914), des types à articulations pédonculaires placées au milieu ou au tiers supérieur de ce pédoncule très long, et du

---

[1] En outre de quelques tubercules venus directement du Jardin botanique de Montévideo, en 1907, je tenais les tubercules qui m'ont permis de cultiver largement cette espèce et de la répandre en France, des récoltes de M. le professeur Verne (de l'Université de Grenoble) qui en avait cueilli de nombreux à Quillota, sur la rive droite de la vallée de la Concagua (Chili), le 12 juin 1911, durant son voyage en Bolivie, au Chili et au Pérou, à la recherche de tubercules sauvages. Cette localité est citée par Dunal dans le *Prodrome* (t. XIII, 1re Partie, p. 37) d'après Pœppig, comme l'unique station chilienne de cette espèce dans la Cordillère des Andes. M. le professeur Verne, n'ayant pas récolté la plante, mais seulement les tubercules, avait, sur l'apparence extérieure de ces tubercules, et même d'après mes appréciations, donné le nom de *Maglia* à cette espèce (*Comptes rendus*, 2 septembre 1912). Il y a, en effet, une ressemblance absolue entre les tubercules de ces deux espèces et comme forme et comme couleur (violette). C'est aussi sous le nom de *S. Maglia* que j'avais reçu les tubercules de Montévideo.

Berry (car je les ai mis en culture sur des points différents de la France), des spécimens à articulations toutes placées à la base même du pédoncule, comme le veut la diagnose de Dunal. Ces pédoncules sont alors plus courts de beaucoup.

La présence ou l'absence de foliolules supplémentaires, « *segmenta lateralia majora cum multo minoribus intermixta* » d'après Dunal, ne peut servir de caractère par la raison qu'on en constate la présence ou l'absence sur des pieds différents ou même sur des points divers d'une même plante.

L'état « *globoso-ovidea* » de la baie relevé par Dunal est exact, mais non constant. J'ai eu, sur les 50 pieds récoltés cette année, tantôt des fruits *entièrement sphériques*, tantôt des baies ovoïdes, mais toujours glabres. Du reste, j'ai fait la même constatation sur d'autres espèces comme *S. Commersonii* Dunal dont les baies sont le plus souvent cordiformes sur les pieds sauvages. Mais on constate quelquefois, sur d'autres pieds sauvages, des fruits ovoïdes et même sphériques. E. Roze avait relevé cette variation bien avant moi dans *S. Commersonii*.

Enfin, il n'est pas jusqu'aux tubercules qui ne varient aussi de forme considérablement. D'une façon générale, sur l'espèce sauvage, ces tubercules sont petits, *sphériques* ou à peu près, et couverts de lenticelles saillantes, mais ils sont souvent aussi *cylindriques* allongés (forme *saucisse* des agriculteurs). D'abord entièrement blanc jaunâtre et portés à l'extrémité de longs stolons, ils deviennent, à l'arrachage, fortement violets après deux ou trois jours d'exposition à l'air.

Mais cette année, j'ai observé, chez moi, une première variation (indice d'une mutation à ses débuts) (¹) consistant, pour un pied cultivé en pots sur 20, la formation de sept tubercules tous sphériques et assez gros, du poids d'environ 35^{g} qui sont, six sur sept, de couleur jaune définitive et dépourvus, par plages, de lenticelles saillantes; le septième plus petit est resté normal (violet après exposition à l'air, lenticellé en totalité et sphérique).

Le même fait, mais sur une plus large échelle, a été relevé cette année à Villeurbanne (Rhône), par M. Aumiot, directeur de l'École communale,

(¹) C'est peut-être la reprise ou l'extension de l'infestation par le *Mucor Solani* dont M. Magrou a établi la présence (*in litteris*) dans le *Solanum Dulcamara* et qu'il a retrouvé dans les espèces sauvages de quelques Solanum tubérifères. Cette question, à l'étude à l'Institut Pasteur de Paris, sera à reprendre dans des temps meilleurs.

qui, sur la totalité de ses cultures (29 pieds, soit issus de tubercules, soit issus de graines), n'a récolté en octobre 1914 « que des tubercules arrondis, un peu bosselés, à yeux bien marqués et à *peau jaunâtre*, ne bleuissant pas à l'air. Les lenticelles sont larges en forme de crevasses qui rendent les tubercules rugueux ». Je n'ai trouvé jusqu'ici cette particularité du changement de couleur des tubercules, du blanc au violet par exposition à l'air, que dans deux espèces sauvages : *S. polyadenium* Green et *S. Caldasii* Kunth (¹).

Je dois ajouter encore, et c'est le fait important, que les essais de cultures de *S. Caldasii* faites sur mes tubercules sauvages à Gap, par les soins de la Société d'Agriculture des Hautes-Alpes, sous la présidence de M. le sénateur Xavier Blanc, ont donné, dès la première année, à la fin de la récolte 1914, des résultats bien plus probants encore dans le sens de la mutation des parties souterraines (²). Là, la soudaineté de la transformation souterraine est manifeste. C'est bien une mutation.

En effet, *un seul pied* a produit huit tubercules dont cinq sauvages et violets, petits, sphériques ou ovales, mais portés par de longs stolons et couverts de lenticelles saillantes. Les trois autres (dont deux plus gros de 32ᵍ chaque) sont ovoïdes, *jaunes* avec taches violettes discrètes, yeux saillants, plus de stolons, plus de lenticelles saillantes, peau fine et lisse, tous les caractères, en un mot, des tubercules mutés et comestibles, avec traces encore du pigment violet qui se développe au contact de l'air. Le troisième tubercule est plus petit, 8ᵍ, sphérique, entièrement jaune et porte encore quelques lenticelles saillantes, mais plus de stolons et pas d'yeux saillants. On voit bien sur les trois tubercules mutés, venus côte à côte des sauvages et sur le

(¹) Le *S. Commersonii* présente, en dehors de toute culture, dans ses tubercules, une variation de couleur analogue, mais qui se produit sous terre. Les tubercules (issus de graines ou de tubercules) donnent des tubercules le plus souvent jaunâtres, mais aussi des pieds ne portant que des tubercules violets. Ce fait a été constaté même dans la patrie de cette plante (côte atlantique de l'Amérique du Sud), où l'on admet deux variétés, l'une à tubercules jaunes et l'autre à tubercules violets dans la plante sauvage, les violets étant plus comestibles que les jaunes.

(²) Je rappelle que les mutations obtenues par moi sur *S. Commersonii*, *Maglia*, *tuberosum*, *acaule* et *immite* se sont réalisées en un ou deux temps. Dans le premier cas, la mutation porte sur la totalité de la plante (parties souterraines et aériennes); dans le second, c'est la partie souterraine qui débute. Dans tous les cas, mes mutations ont toujours été obtenues par la culture en pots et ont été caractérisées, comme ici, par leur soudaineté après un temps plus ou moins long de culture au fumier de poulailler.

même pied, les transitions des tubercules de l'état sauvage à l'état muté. De ces trois tubercules mutés souterrainement, sortiront certainement l'an prochain des plantes également mutées dans leurs parties aériennes. Ce sera intéressant à suivre de près.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse** fait savoir que cette Compagnie s'est associée, dans la séance du 17 décembre, au vœu émis par l'Académie relativement à la lutte contre l'alcoolisme.

MM. **A. Debierne**, **Charles Nicolle** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

Mme Vve **H. Rück** adresse également des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

L'Association française, de mars 1913 *à juillet* 1914; Rapport de M. Ernest Lebon.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'ajutage Venturi*. Note de MM. **Camichel**, **Eydoux** et **Lhériaud**, transmise par M. Bazin.

On sait que l'une des plus grandes difficultés qui puisse se présenter pour l'hydraulicien est la mesure des débits et plus particulièrement des débits instantanés dans les canalisations. Cette question a pris ces temps derniers une importance très grande par suite du développement des grandes usines hydrauliques.

Un des moyens les plus employés jusqu'à ce jour a été l'emploi des déversoirs, mode de jaugeage qui a fait l'objet d'expériences précises et prolongées de la part de

M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées Bazin. Mais cet emploi nécessite, pour être précis, d'assez grandes difficultés de réalisation et de grands soins de la part de l'expérimentateur. Il ne peut être d'un usage courant et commode pour le personnel ouvrier des usines.

L'ajutage Venturi fournit un moyen très simple de mesurer ces débits. On sait que cet ajutage, qui peut s'intercaler en un point quelconque des conduites sous pression qui constituent un des éléments primordiaux des usines modernes, est formé par la succession d'un convergent et d'un divergent, réunis, entre eux, par une surface de raccordement de révolution autour de l'axe de l'appareil et convexe vers cet axe.

p_1 étant la pression et v_1 la vitesse dans la section large de diamètre d_1, p_2 étant la pression et v_2 la vitesse dans la section la plus étroite de diamètre d_2, q étant le débit, le théorème de Bernoulli donne, en supposant l'appareil placé de façon que son axe soit horizontal,

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2g} = p_2 + \frac{v_2^2}{2g}.$$

D'où

$$q = \frac{\lambda\pi d_1^2 d_2^2 \sqrt{2g(p_1 - p_2)}}{4\sqrt{d_1^4 - d_2^4}}, \qquad \text{ou} \qquad q = \lambda a\sqrt{p_1 - p_2},$$

λ étant un facteur inférieur à 1, provenant des frottements intérieurs du liquide.

On voit donc que l'ajutage Venturi permet, théoriquement du moins, de déterminer le débit d'une conduite par la mesure d'une simple différence de pression.

M. Clemens Herschell, ingénieur américain, a fait, antérieurement à 1887, des expériences pour vérifier expérimentalement cette loi théorique et arriver à la détermination de λ. Ces expériences, dont il a rendu compte à la Société américaine des Ingénieurs civils, furent conduites avec un très grand soin; les pressions, dans une section déterminée de la conduite, étaient mesurées en plusieurs points. Les Venturi expérimentés présentaient déjà presque toutes les caractéristiques des jaugeurs industriels modernes, c'est-à-dire qu'ils avaient un divergent très allongé et que la pression, au moins dans la partie rétrécie, était mesurée dans une chambre annulaire concentrique à la conduite et en relation avec elle. Il résultait de ces expériences que, si le débit était donné théoriquement par la formule $Q = a\sqrt{p_1 - p_2}$, on avait en pratique, et dans les limites de vitesse essayées (qui atteignirent jusqu'à 15^{m} dans la partie étroite),

$$Q = (0{,}995 \text{ à } 0{,}954)\, a\sqrt{p_1 - p_2}$$

avec une approximation de 2 à 3 pour 100 en plus ou en moins.

Quand la vitesse ne dépassait pas 12^{m}, M. Herschell a trouvé que le coefficient de correction λ ne descendait pas au-dessous de 0,96.

I. Nous avons fait une série d'expériences sur un Venturi de 300mm de diamètre, au $\frac{1}{4}$ $\left(\text{c'est-à-dire dans lequel } \frac{d_1^2}{d_2^2} = 4\right)$ et sur des débits variant de 60l à 160l par seconde.

Le manomètre employé était à mercure, à lecture directe; les jaugeages étaient faits au moyen d'un bassin taré par des pesées; les oscillations de la surface libre de l'eau dans ce bassin étaient amorties par des procédés spéciaux, comprenant des flotteurs et des cellules amortissantes dont les parois étaient parallèles à la vitesse de l'eau arrivant dans le bassin.

Ces expériences ont montré que $\lambda = 1$, les erreurs expérimentales étant inférieures à 1 pour 100. La vitesse de l'eau dans la section étroite a atteint 11m par seconde.

Une vérification de ce résultat a été obtenue en déterminant, d'après les dimensions de l'instrument, la graduation d'un deuxième manomètre fourni par le constructeur et donnant directement les débits. Nous avons encore trouvé $\lambda = 1$.

2° Nous avons fait à l'usine de Soulom (Hautes-Pyrénées), appartenant à la Cie des Chemins de fer du Midi, des expériences sur des venturis de 1m,20 [1], enregistrant des débits de 800l à 3000l par seconde. La conduite alimentait une turbine Francis de 3500 chevaux, conduisant un alternateur monophasé qui actionnait les tramways de la Bigorre, et qui était en même temps chargé par un rhéostat liquide placé dans le canal de fuite de l'usine. La vitesse dans la partie étroite du venturi a atteint 11m par seconde.

Les autres conduits de l'usine ne débitaient pas. Le manomètre employé était à mercure enregistreur; il était gradué directement pour les débits par le constructeur. Des débits étaient mesurés en même temps par un déversoir en mince paroi et à nappe libre, établi conformément au déversoir type de M. Bazin, sur le canal de fuite de l'usine. Cette partie de l'étude a présenté de grandes difficultés, dues à ce que, l'usine étant en service partiel, nous ne pouvions obtenir un débit rigoureusement constant pendant une période prolongée, que nous n'avions pas de bassin de capacité bien définie susceptible de recevoir les eaux sortant du venturi, et qu'enfin le déversoir de vérification était situé très loin. Nous avons surmonté ces difficultés par des observations prolongées et fréquentes aux divers postes d'observation; ce qui nous a donné des courbes simultanées dont il était alors facile de rapprocher les indications. Dans ces conditions, nous avons trouvé que les écarts entre les débits donnés par le déversoir et le venturi n'atteignaient jamais 4 pour 100 et ne dépassaient pas en général 2 pour 100, le déversoir lui-même donnant une précision de 2 pour 100. La précision du venturi et du déversoir sont donc comparables.

---

[1] Voir *Lumière électrique*, 2e série, t. XXVI, p. 129 et suiv.

Ces expériences ont montré que λ était, pour le venturi étudié, toujours compris entre 1 et 0,98. Elles ont mis en évidence la commodité de cet appareil, qui est comparable comme exactitude aux déversoirs les mieux établis et permet en outre la lecture directe et l'enregistrement des débits.

Il nous a permis d'effectuer, avec la plus grande facilité, diverses expériences; de vérifier, par exemple, la formule donnant le débit du canal d'amenée; de déterminer exactement le coefficient dû à la rugosité des parois et d'étudier les procédés de désamorçage automatique des conduites quand la vitesse dépasse certaines limites.

3° Pour les faibles débits et en particulier pour les conduits de laboratoire, on peut employer le venturi et construire très facilement de petits appareils donnant les débits, par lecture directe, avec une erreur relative inférieure à 0,5 pour 100.

Il est d'ailleurs facile de se rendre compte de la supériorité de ce procédé. La formule précédemment indiquée donne

$$p_1 - p_2 = \frac{v_1^2}{2g}(\nu^4 - 1), \qquad \nu \text{ désignant le rapport } \frac{d_1}{d_2}.$$

La différence de pression lue dans le venturi est donc égale à celle que donne, dans les mêmes conditions, le tube de Pitot, multipliée par $\nu^4 - 1$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dosage du saccharose dans les mélasses des betteraves. Méthode d'inversion par double polarisation neutre.* Note de M. **Émile Saillard**.

La méthode Clerget employée pour l'analyse des mélasses conduit à une teneur en saccharose trop faible.

Les causes principales d'erreur résident dans les matières azotées actives de la mélasse (qui n'ont pas le même pouvoir rotatoire, en milieu alcalin et en milieu acide) et aussi dans les sels de la mélasse. Parmi les matières azotées actives qu'on trouve dans la betterave ou la mélasse de betterave, on peut citer l'asparagine, l'acide aspartique, la glutamine, l'acide glutamique, etc. Pasteur (*Ann. de Phys. et de Chim.*, 1851) a montré que l'acide aspartique et l'asparagine sont lévogyres en milieu alcalinisé par la potasse, la soude et l'ammoniaque, et dextrogyres en milieu acide (action spéciale pour chaque acide). Dubrunfaut (*Comptes rendus*, 1851), Clerget (*Comptes rendus*, 1851) ont montré que ces matières azotées sont une cause d'erreur dans la détermination du sucre des jus de betteraves par polarisation; mais le moyen indiqué par Clerget en 1851 pour y remédier n'a pas été retenu; il n'est d'ailleurs pas exact.

En 1907, M. Andrlik propose, pour éliminer l'influence des matières azotées actives, de faire les deux lectures (avant et après inversion) en milieu de même acidité chlorhydrique. Et pour empêcher un commencement d'inversion, pendant la polarisation directe, il conseille d'ajouter de l'urée ou de la bétaïne qui agissent ici comme catalytiques.

Le sucre Clerget ainsi obtenu est plus élevé que le Clerget ordinaire; mais il est encore erroné, pour les deux raisons suivantes : L'urée ou la bétaïne n'empêchent pas le commencement d'inversion de se produire; les influences qui agissent sur les deux polarisations, avant et après inversion, ne sont pas les mêmes, pour la mélasse et pour la solution sucrée pure qui sert à établir le coefficient d'inversion. (L'acide chlorhydrique ajouté pour l'inversion déplace, en effet, les acides moins fixes des sels de la mélasse.) Enfin, l'influence des sels n'est pas éliminée.

J'ai donc cherché une méthode qui élimine, à la fois, l'influence des matières azotées et des sels et qui rende les polarisations comparables, et dans la solution de mélasse et dans la solution de sucre pur qui sert à établir le coefficient d'inversion. La méthode « par double polarisation neutre » que je propose répond à ces exigences. Voici le résumé des expériences qui m'ont conduit à cette méthode. Les essais nécessaires ont été faits avec mes collaborateurs MM. Wehrung et Ruby.

a. Action des sels sur la saccharose. — Certains sels agissent sur le pouvoir rotatoire du saccharose. M. Müntz a montré que le chlorure de sodium le diminue. Dans la mélasse, il y a des sels de potasse, de soude et quelquefois de chaux (chlorures, azotates, sulfates, sulfites, acétates, formiates, butyrates, etc.) qui représentent environ 5 de potasse et 1 de soude pour 100 de mélasse, ce qui correspond équivalentairement à $1^{g},67$ de KCl ou $0^{g},82$ de HCl pour le poids normal saccharimétrique français. Sur la solution $\frac{1}{4}$ normale (saccharimétrique) de saccharose pure, nous avons essayé l'action de 25^{cm^3} et 50^{cm^3} de solution normale (chimique) des sels précipités. La déviation à droite a été diminuée respectivement de 0,10 et 0,20. Dans le cas d'un mélange de sels, ces actions s'additionnent, du moins aux doses essayées. En un mot, l'action équivalentaire est la même. Il n'y a pas à s'occuper des sulfites, carbonates et sulfates, attendu qu'ils sont décomposés par le sous-acétate de plomb qui est employé pour déféquer les mélasses.

b. Action des sels sur le sucre inverti. — Les mêmes essais ont donné lieu aux mêmes conclusions; mais, dans ce cas, les sels augmentent plus la

déviation à gauche du sucre inverti et ils l'augmentent respectivement de 0,20 et 0,40 pour 25^{cm^3} et 50^{cm^3} de solution normale (chimique) de sels.

c. Action des sels sur quelques matières azotées actives (solution à 15^g-17^g par litre). — Ici encore, la loi est la même. La déviation à gauche passe à droite, avec 50^{cm^3} de la solution normale de sels.

Voici donc comment on pratique la méthode d'inversion par double polarisation neutre que je propose :

Mélasse. — 1° Mettre 4 fois le poids normal français de mélasse de betterave neutralisée dans un ballon de 200^{cm^3}; déféquer avec une quantité suffisante, mais sans excès, de sous-acétate de plomb; compléter à 200^{cm^3}, agiter, filtrer (filtrat K);

2° Prendre 50^{cm^3} du filtrat K; ajouter en KCl l'équivalent de l'acide HCl qui sera employé pour l'inversion; compléter à 100^{cm^3}; mettre un peu de noir; agiter, filtrer, polariser à 20°; soit A la polarisation;

3° Prendre 50^{cm^3} du filtrat K; invertir avec $6^{cm^3},8$ d'acide HCl à 22° Baumé; neutraliser avec de la potasse; refroidir à 20°; amener à 100^{cm^3}; mettre un peu de noir; agiter, filtrer, polariser à 20°; soit B la lecture à gauche. On a

$$\text{Saccharose} = \frac{100(A+B)}{\text{coefficient d'inversion} - \frac{1}{2}t}.$$

Détermination du coefficient d'inversion. — L'acide sulfurique contenu dans les cendres sulfatées de la mélasse permet de calculer la quantité de HCl équivalentaire. Supposons celle-ci égale à $1^{cm^3},8$ d'acide HCl à 22° Baumé, pour le poids normal français de mélasse.

1° Préparer une solution sucrée pure (solution P) de même polarisation que la solution de mélasse (filtrat K précipité);

2° Prendre 50^{cm^3} de la solution pure P, y ajouter en KCl l'équivalent de $8^{cm^3},6$ d'acide HCl à 22° Baumé; compléter à 100^{cm^3}, agiter, polariser à 20°; soit A′ la lecture;

3° Prendre 50^{cm^3} de la solution pure P, ajouter 5^{cm^3} de HCl à 22° Baumé, mélanger, invertir, refroidir, ajouter $3^{cm^3},6$ d'acide HCl à 22° Baumé, ou la quantité équivalentaire de chlorure; neutraliser avec de la potasse; compléter à 100^{cm^3}, agiter, polariser; soit B′ la lecture;

4° Prendre 50^{cm^3} de la solution pure P, compléter à 100^{cm^3}, agiter, polariser à 20°; soit A″ la lecture.

Établir le coefficient d'inversion X en appliquant la formule

$$A'' = \frac{100(A'+B')}{X - \frac{1}{2}t}, \qquad \text{d'où} \qquad X = \frac{100(A'+B') + \frac{1}{2}tA''}{A''}.$$

Nota. — Le noir animal employé doit être, au préalable, lavé à l'acide chlorhydrique, à l'eau, puis séché à l'étuve.

Au lieu de KCl et de potasse, on peut employer NaCl et soude.

Les $6^{cm^3},8$ d'acide HCl à 22° Baumé employés pour l'inversion de la mélasse dépassent la dose habituelle 5^{cm^3}. On admet que $6^{cm^3},8 - 5^{cm^3} = 1^{cm^3},8$ sont fixés par les sels du poids normal saccharimétrique de mélasse. Il y a donc, dans la solution de mélasse soumise à la polarisation, l'équivalent des sels préexistants et des $6^{cm^3},8$ d'acide HCl à 22° Baumé ajoutés, c'est-à-dire l'équivalent de $8^{cm^3},6$ de HCl à 22° Baumé.

Pour contrôler l'exactitude de la méthode d'inversion optique par *double polarisation neutre*, nous avons fait le dosage du sucre inverti sur les solutions de mélasse déféquées et inverties en opérant suivant la méthode et avec la liqueur cuivrique Bertrand. Sur 22 mélasses analysées (campagne 1913-1914), la méthode par la liqueur cuivrique a donné les mêmes résultats moyens que la méthode par double polarisation neutre et ces résultats moyens ont dépassé de 1,4 pour 100 ceux que donne la méthode Clerget habituelle.

GÉOLOGIE. — *Études sur les formations tertiaires du bassin de la mer de Marmara. Étage Vindobonien de la Troade.* Note [1] de M. **N. Arabu**, transmise par M. Ch. Depéret.

Cet étage a été reconnu dès 1902, dans le coin nord-est de la mer Égée, près de l'entrée des Dardanelles, par M. English; dans une Note ultérieure [2], l'auteur complète ses données et indique la présence de l'étage à Tavakli, sur la côte égéenne de la Troade, à quelques kilomètres au sud des Dardanelles.

Les couches marines de cette dernière localité avaient été depuis longtemps mentionnées par Tschihatscheff dans son grand travail sur l'Asie Mineure; il les classait dans le Tertiaire moyen; un parallélisme plus serré était d'ailleurs impossible en ce temps; plus tard, Diller les attribue au Sarmatien, et tout récemment M. Philippson le suivit dans cette voie.

Pendant l'été de 1913 j'ai eu l'occasion d'étudier cette région et de

---

(1) Séance du 28 décembre 1914.

(2) Th. English, *Eocene and later formations...* (*Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. LX, 1904, p. 243).

récolter quelques documents. Le Vindobonien y forme une bande étroite le long du littoral, depuis le village Kulahli au Sud jusqu'à l'entrée des Dardanelles; il est constitué par une alternance répétée de couches régulièrement stratifiées et un peu plissées, de calcaires à débris de coquilles, de grès et d'argiles; les couleurs sont généralement claires; ces dépôts présentent une grande ressemblance de faciès avec le Sarmatien des environs de Constantinople (¹), ce qui a été pour beaucoup dans l'erreur de leur parallélisme.

Ce Vindobonien est assez fossilifère; c'est une suite de couches marines, avec quelques intercalations saumâtres, explicables par la proximité du rivage. Près du village Tavakli, j'ai noté la succession suivante sur le rivage même de la mer :

1° A la base, grès rougeâtres à éléments volcaniques, sans fossiles;

2° Des calcaires grossiers et grès calcaires blancs à *Cardita* aff. *Partschi* Goldf., *Ostrea granensis* Font., *O. crassissima* Lam., *Chione* (*Clausinella*) *dertoparva* Sacc., *Murex* aff. *granuliferus* Grat., *Trochus* (*Oxystele*) aff. *Amedei* Brong.;

3° Alternance de marnes blanches, de grès calcaires et de calcaires en couches minces, à faune saumâtre, contenant : *Cardium* sp., *Modiola volhynica* Eichw., *Cerithium* aff. *spina* Partsch, *Mactra* sp., *Venus* (*Timoclea*) *ovata* Pen., *Trochus affinis* Eichw., *T.* (*Glomulus*) aff. *Monterosatoi* Sacc., *Bulla* cfr. *convoluta* Br., *Rissoa* (*Apicularia*) *Guerini* var. *miotriangula* Sacc., *Rissoa* (*Setia*) *tauromiocenica* Sacc., *Nassa subreticulata* Bell., *N. coarctata* Eichw., *Nodulus tauromiocenicus* Sacc., *Nerita expansa* Reuss;

4° Calcaires à débris de coquilles, alternant avec grès calcaires, contenant les formes suivantes : *Pecten convexo-costatus* Abich., *Arca* (*Anadara*) aff. *turoniensis* Duj., *Arca* (*Anadara*) n. sp., *Eastonia rugosa* Chemn., *Venus* (*Ventricola*) *taurоverrucosa* Sacc., *Pectunculus pilosus* L., *Dosinia exoleta* L., *Lutraria* aff. *Graeffei* May., *Lucina dentata* Bast., *Pholas* sp., *Vermetus* sp., *Natica* (*Naticina*) *catena* var. *varians* Duj., *N.* (*Tectonatica*) *tectula* Bon., *Cerithium rubiginosum* Eichw., *Cardita crassa* Duj., *Murex* aff. *rudis* Bors.

J'ai suivi ces couches vers le Nord, jusqu'aux Dardanelles; près du village Jenischeïr le faciès des couches devient plus fin, plus uniforme, et les fossiles se font rares : des grès grisâtres fins, en bancs épais surmontés d'un banc à grandes huîtres (*Ostrea* cfr. *lamellosa* Brac.); plus loin, en suivant le rivage sud des Dardanelles, les couches s'abaissent de plus en plus et

(¹) *Comptes rendus*, t. 157, séance du 4 août 1913, p. 347.

disparaissent finalement sous le Sarmatien; celui-ci débute en général par un conglomérat puissant à éléments éruptifs et intercalations de tufs volcaniques blancs. C'est dans ce Sarmatien qu'est creusée, presque exclusivement, la vallée des Dardanelles; le Vindobonien est pourtant ramené à jour, grâce à un pli, à quelques kilomètres au nord de la ville de Dardanelles; j'ai récolté ici, dans un calcaire détritique, *Cerithium* aff. *spina* Partsch., *C.* aff. *turritoplicatum* Sacc., *Syndesmia ambigua* Nyst. Cet affleurement représente la dernière trace vers l'est du Vindobonien sous ce faciès de rivage. Je reviendrai dans une Note ultérieure sur la continuation vers l'est de cet étage.

Adossé au massif cristallin et mésozoïque de Tschighri et Kara Dagh, le Vindobonien de la Troade se présente quelquefois au voisinage de ce massif, avec des faciès plus grossiers, voire même avec des faciès de falaise, à énormes blocs anciens anguleux; toutefois ces faciès grossiers sont plutôt rares; ayant en vue d'autre part le redressement des couches du massif ancien au contact, il est très probable que ce contact ait lieu par faille, et ceci d'autant plus que le Vindobonien est plissé légèrement et que ses plis sont transversaux par rapport à la côte et au massif ancien, qui ont une direction NS. Toutefois la dénivellation n'est pas grande et dans quelques points le substratum est visible. Il est intéressant de faire remarquer que ce substratum n'est pas toujours formé directement par les roches du massif ancien; entre celui-ci et le Vindobonien s'intercalent des grès d'un rouge brique, contenant en abondance des *Helix* du groupe du *Helix Ramondi* Brong., forme très rapprochée du type; ces grès alternant avec des calcaires lités jaunâtres et contenant le même fossile présentent un grand développement dans le bassin d'Ezine, au delà et à l'est du massif ancien, où le Vindobonien ne pénètre pas; quelques lambeaux isolés, de même grès, que j'ai trouvés près du village Bergaz, sur les roches du massif ancien, démontrent l'unité primitive de cette couverture de grès lacustres, qui s'étendaient sur tout le nord-ouest de la Troade avant le dépôt du Vindobonien et le plissement ultérieur de la région. Ces grès à *Helix* recouvrent dans le bassin d'Ezine la grande formation laguno-lacustre, en partie volcanique, qui avec quelques enclaves anciennes forme sur de vastes espaces le sol dans la partie occidentale de l'Asie Mineure; c'est cette formation s'avançant vers l'Ouest jusqu'à la mer qui forme le substratum du Vindobonien près du village Kulahli. Or ces deux formations sont attribuées en général au Néogène; je reviendrai ultérieurement sur leurs relations et leur âge

absolu; il me suffit de préciser pour le moment leur antériorité par rapport au Vindobonien et leur limite supérieure tout au plus chattienne.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'existence du philothion dans le cristallin des yeux des animaux.* Note (¹) de M. **J. de Rey-Pailhade**, transmise par M. Paul Sabatier.

En poursuivant mes recherches sur le philothion, j'ai reconnu sa présence dans le cristallin des yeux des animaux. Je rappelle que le philothion est une albumine spéciale, caractérisée par l'existence dans sa molécule d'hydrogène labile capable de se combiner au soufre libre à la température de 40°, avec production d'hydrogène sulfuré (²). Ce principe immédiat est répandu surtout dans les cellules à vie active telles que celles du foie et des muscles striés, ainsi que dans les germes de certaines graines.

I. On broie dans un mortier un cristallin de bœuf récemment abattu; la pâte visqueuse est partagée en deux parties égales. La première est enfermée dans un petit tube témoin T, dans lequel on a ménagé un vide où l'on met un morceau de papier réactif au sous-acétate de plomb, et l'on ferme avec un bouchon. La deuxième partie est broyée de nouveau avec un peu de fleur de soufre; une odeur d'hydrogène sulfuré se développe immédiatement; le mélange est enfermé comme le précédent dans un tube S avec du papier réactif. Les deux tubes sont mis à l'étuve à 40°. En 15 minutes, le papier du tube témoin T indique seulement des traces d'hydrogène sulfuré, tandis que le papier du tube S, qui devient noir, dénote une abondante production de H^2S.

Cet essai a été fait avec des cristallins de bœuf, de veau, de mouton, de cheval, de porc, de lapin et de pieuvre (céphalopode).

II. Prenons un cristallin de cheval, desséché à l'air à la température ordinaire; la masse est friable et se pulvérise facilement. En répétant les essais précédents avec cette poudre humectée de quelques gouttes d'eau, on constate dans le tube témoin T une petite production de H^2S; le tube S avec du soufre en fournit beaucoup. Un

---

(¹) Séance du 28 décembre 1914.

(²) Voir de Rey-Pailhade, *Comptes rendus*, 11 juin 1888, 25 juillet 1888, 18 février 1889, 22 janvier 1894 et 30 décembre 1895.

essai à la température de 15° donne les mêmes résultats. La capsule du cristallin et le tissu interne examinés séparément ne présentent pas de différence.

Une expérience faite avec le cristallin de mon œil gauche, opéré de la cataracte depuis 8 mois, a donné une production très nette d'hydrogène sulfuré.

III. On broie un cristallin de cheval et on le traite par 50 fois son poids d'eau; on acidule très légèrement par de l'acide acétique et l'on agite de temps en temps pendant un jour; après repos, on décante la partie supérieure et l'on filtre. Ce liquide, porté à l'ébullition, donne un coagulum qui, essoré et broyé avec du soufre, puis enfermé dans un petit tube avec du papier réactif, montre une formation de H^2S. Le philothion du cristallin est donc soluble dans l'eau, comme celui du muscle strié.

Deux conclusions sont à tirer de ces expériences :

1° La sensibilité du tissu cristallinien vis-à-vis d'un agent chimique aussi peu actif que le soufre permet de comprendre les cas de guérison de la cataracte par des médicaments tels que l'iodure de sodium, le carbonate de sodium, etc.;

2° La réaction du soufre place le tissu du cristallin à côté de celui du muscle strié; en fait ces deux organes, à l'état de veille, travaillent à chaque instant pour l'accomplissement de leurs rôles physiologiques de l'accommodation et de la vie de relation.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur la destinée du chloralose dans l'organisme et ses rapports avec la conjugaison glycuronique.* Note de M. **Tiffeneau**, présentée par M. Charles Richet.

Depuis l'introduction du chloralose en physiologie expérimentale (Hanriot et Richet, 1894) (¹) le problème de la destinée de cette substance dans l'organisme animal n'a pas encore été élucidé. Les questions de doctrine qui se rattachent à ce problème, tant au point de vue pharmacodynamique que biochimique, sont cependant du plus grand intérêt. Déjà en ce qui

(¹) Hanriot et Richet, *Arch. int. de Pharm. et de Thér.*, t. III, p. 191.

concerne le mécanisme de la conjugaison glycuronique, P. Mayer [1] avait, dès 1902, entrevu toute l'importance de cette étude sans toutefois y apporter une solution expérimentale; ses recherches l'avaient simplement conduit à admettre, dans l'urine des chiens chloralosés, l'existence « de plusieurs substances lévogyres jusqu'ici non identifiées, parmi lesquelles une petite quantité d'acide urochloralique ».

A notre tour [2] nous avons abordé la question de l'élimination du chloralose, et examiné tout spécialement ses rapports avec le mécanisme de la conjugaison glycuronique.

Élimination du chloralose. — Les chiens soumis à l'expérience ont été chloralosés, soit par la voie œsophagienne (25^{cg} à 30^{cg} par kilo et par jour), soit par la voie intrapéritonéale (10^{cg}).

Le dosage du chlore organique urinaire nous a tout d'abord montré que c'est par la voie rénale que s'élimine la majeure partie du chloralose introduit dans l'économie, et que le chlore de cet anesthésique y conserve la forme organique. D'autre part, l'épuisement direct des urines par l'éther acétique permet d'isoler du chloralose en nature; toutefois, ce chloralose ne constitue pas, à lui seul, tout le produit organique chloré signalé ci-dessus; en effet, après épuisement éthéroacétique, l'urine des animaux chloralosés contient encore une quantité souvent importante de chlore organique; celui-ci n'est pas précipité par l'acétate neutre de plomb, mais il est séparé presque totalement par l'acétate de plomb ammoniacal; enfin, en même temps que cette dernière précipitation, disparaissent les caractères généraux des composés glycuroniques : réactions colorées (orcine, naphtorésorcine), pouvoir lévogyre, réduction tardive du Fehling, etc.

L'urine des animaux chloralosés contient donc bien un conjugué glycuronique chloré. Ce conjugué n'est précipitable qu'imparfaitement par l'extrait de Saturne, alors que l'acétate de plomb ammoniacal le précipite presque complètement. Les sels plombiques qu'on peut ainsi séparer, par deux précipitations successives au moyen de ces réactifs, ne paraissent pas conduire à deux conjugués glycuroniques différents. En effet, le conjugué qu'on a régénéré (par H Cl) d'une précipitation par le sous-acétate de plomb et qui, par conséquent, devrait être entièrement précipitable par ce réactif, ne l'est plus qu'incomplètement et ne le devient totalement que par l'acétate de plomb ammoniacal.

Ainsi dans l'organisme du chien, le chloralose s'élimine en partie à l'état

---

(1) P. Mayer, *Exp. Untersuch. über Kohlenhydratsäuren : I. Ueber die Herkunft der Glucuronsäure im Organismus* (*Z. f. Klin. Med.*, t. XLVII, 1902, p. 79).

(2) Pour les détails expérimentaux voir le travail de mon élève M. Frédoux : Thèse de Doctorat de l'Université de Paris (Pharmacie), juillet 1914.

de chloralose non transformé, en partie sous forme d'un nouveau conjugué glycuronique chloré.

Nature du conjugué glycuronique chloré. — Nos recherches nous ont montré que ce conjugué est un acide chloralose-glycuronique

$$\begin{array}{l} CCl^3-CH \qquad C(OH)-CHOH-CH^2O-CH-(CHOH)^2-CH-CHOH-CO^2H. \\ \quad O\langle \qquad\quad \rangle CH \qquad\qquad\qquad\qquad \lfloor_________ O \\ \qquad CHOH \quad CH{-}O \end{array}$$

Cet acide, pas plus que ses sels, n'a pu être obtenu à l'état cristallisé; mais, ses produits de dédoublement, au cours de l'hydrolyse acide ménagée (chloralose et acide glycuronique), ont pu être isolés et rigoureusement identifiés. Le *chloralose*, isolé en nature, a été caractérisé à la fois par ses constantes physiques, ses réactions chimiques et ses propriétés physiologiques. L'*acide glycuronique*, isolé à l'état de sel de plomb, a été caractérisé par son pouvoir rotatoire, ses propriétés réductrices et par ses réactions colorées.

Mécanisme de la conjugaison glycuronique. — Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer le mécanisme de cette conjugaison : soit conjugaison directe par union de l'acide glycuronique avec la copule introduite dans l'organisme (Schmiedeberg), soit glucosidification de cette copule et oxydation ultérieure du glucoside ainsi formé (Sundwick, E. Fischer).

La première de ces hypothèses n'est pas vérifiable directement; d'ailleurs, on la rejette généralement en se basant sur ce que l'acide glycuronique libre n'existe pas dans l'organisme; au surplus, considérerait-on que des traces de cet acide, fréquemment renouvelées, seraient suffisantes pour assurer la conjugaison de la copule, il serait beaucoup plus logique d'admettre que ces traces proviennent de l'hydrolyse des conjugués glycuroniques formés d'après la deuxième hypothèse, que de les faire dériver directement du glucose, ce qui exigerait une oxydation de la fonction alcool primaire de ce sucre, sans que soit touchée sa fonction aldéhydique.

La seconde hypothèse, que nous venons de reconnaître plus logique, est par surcroît susceptible d'une vérification expérimentale; elle comporte, en effet, la formation intermédiaire de glucosides dont il est facile de voir si, introduits directement dans l'organisme, ils se transforment en les glycuroniques correspondants. D'une façon générale, on sait qu'il en est bien ainsi (1). Cependant, il est certains glucosides qui ne se transforment pas en glycuroniques; ils sont dédoublés en glucose et copule, et celle-ci subit une destinée nouvelle (2). On peut donc se demander si les glucosides

(1) Hildebrandt, *Bioch. Zeits.*, t. XXI, 1909, p. 1. — Hämäläinen, *Sk. Arch. f. Phys.*, t. XXIII, 1909, p. 92.

(2) Falk, *Münch. med. Woch.*, 1902, n° 36. — Hildebrandt, *D. med. Woch.*, t. XXXVI, p. 23.

ne sont pas tous dédoublés préalablement en glucose et copule, et si le glycuronique ne résulterait pas alors, dans les cas où il se forme, de l'union de la copule avec l'acide glycuronique d'après la première hypothèse.

Pour résoudre la question, il faudrait donc posséder une combinaison glucosique dont la copule libre n'aurait pas la même destinée que le complexe dont elle fait partie. Or, tel est le cas du chloralose, dont la copule, le chloral se transforment, comme on sait *in vivo*, en acide urochloralique. Donc, si le chloralose se dédouble dans l'organisme en glucose et chloral, celui-ci devra se retrouver à l'état d'acide urochloralique caractérisable par son produit d'hydrolyse : le trichloréthanol; si, au contraire, il s'oxyde directement en l'acide correspondant, acide dont l'hydrolyse fournit du chloral, la deuxième hypothèse recevra une sérieuse confirmation. Nous avons vu qu'aucune de ces deux éventualités ne se réalise; le conjugué glycuronique des animaux chloralosés ne fournit à l'hydrolyse ménagée ni chloral, ni trichloréthanol, mais seulement du chloralose, comme nous l'avons exposé plus haut.

Ainsi la destinée du chloralose dans l'organisme animal n'est pas en faveur de l'hypothèse de Sundwick-Fischer; il convient d'ajouter que comme dans le cas de la phloridzine (¹) cela ne constitue pas toutefois une preuve stricte contre cette hypothèse.

Conclusions. — 1° Le chloralose, chez le chien, s'élimine partie en nature, partie sous forme d'un conjugué glycuronique nouveau, l'acide chloraloseglycuronique.

2° Cette formation n'est pas en faveur de l'hypothèse de Sundwick-Fischer sur le mécanisme de la conjugaison glycuronique.

3° Le chloralose ne se dédoublant pas dans l'organisme en chloral et glucose, ses effets physiologiques lui appartiennent en propre et ne sont pas dus au chloral qu'il contient, conséquence qui ressortait déjà de l'étude physiologique de cette substance (²).

M. J. Grialou adresse trois Mémoires relatifs à des *Applications de la théorie de l'élasticité à diverses questions de stabilité.*

(Renvoi à l'examen de M. Boussinesq.)

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

G. D.

(¹) Schüller, *Zeitsch. f. Biol.*, t. LVI, 1911, p. 274.
(²) Hanriot et Richet, *loc. cit.*

ERRATA.

(Séance du 14 décembre 1914.)

Note de M. *F. Gonnessiat,* Éclipses de Soleil : formules pour la correction des éléments :

Page 799, lignes 12 et 14 en descendant, *au lieu de* séc, *lire* cos.

Même page, ligne 7 en remontant, *au lieu de* au nord de la trajectoire de la Lune, *lire* dans l'angle de position moindre que p.

Même page, dernière ligne, *au lieu de* la corne sud, *lire* l'autre corne.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JANVIER 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Sur le flambement des tiges cylindriques.* Note de M. L. Lecornu.

On entend par *flambement*, dans la Théorie de la Résistance des matériaux, la déformation brusque que subit, sous l'action de la charge, une tige trop grêle ou une plaque trop mince, avant même que la limite d'élasticité soit atteinte. Le cas le plus simple est celui d'une tige, droite ou courbe, symétrique par rapport à un plan passant par sa fibre moyenne et sollicitée par des forces qui admettent le même plan de symétrie. En pareil cas, ainsi que l'a indiqué jadis Maurice Lévy, le flambement suppose que la fibre moyenne coïncide avec la courbe funiculaire relative aux forces extérieures, sans quoi la déformation se produirait d'une façon progressive.

Le flambement manifeste un état d'équilibre instable; comment donc concilier son existence avec la stabilité d'équilibre attribuée généralement aux solides pour lesquels la limite d'élasticité n'est pas dépassée? C'est le point que je voudrais éclaircir, en me bornant ici au cas de la tige cylindrique ou prismatique.

Prenons, pour fixer les idées, le cas d'une tige verticale de longueur l encastrée à son extrémité inférieure et chargée d'un poids P à l'autre extrémité, laissée libre. Négligeons le poids propre de cette tige.

Le principe fondamental de la théorie de l'élasticité est celui de la superposition des effets des forces; en s'appuyant sur ce principe on démontre

qu'à chaque système donné de forces correspond un état d'équilibre déterminé variant avec elles d'une façon continue, et que, si cet état vient à être troublé, il se rétablit spontanément aussitôt que disparaît la cause perturbatrice.

Pour établir le principe de superposition, on envisage les équations générales, qui sont de deux sortes : il y a les équations *indéfinies*, applicables à tous les éléments de la masse, et les équations *définies*, concernant seulement la surface. Les unes et les autres sont linéaires, à la fois par rapport aux coefficients de la déformation et aux composantes des forces, et cette simple remarque entraîne la vérité du principe.

Cherchons à appliquer ce raisonnement dans le cas de la tige considérée. Pour les équations indéfinies, aucune difficulté ne se présente; mais il n'en est pas de même pour les équations définies. Le type de celles-ci est, avec les notations de Lamé :

$$X = N_1\alpha + T_3\beta + T_2\gamma, \tag{1}$$

X désignant la projection de P sur l'axe des x; N_1, T_3, T_2, trois tensions élastiques, liées linéairement aux coefficients de la déformation, et α, β, γ les cosinus directeurs de la normale à la section droite extrême. Or ici, contrairement à ce que suppose le principe de superposition, ces cosinus ne sont pas indépendants de la grandeur de P. La tige mince a la propriété de recevoir, sans que les limites d'élasticité soient dépassées, un rayon de courbure fini; ce rayon, dès que la tige commence à fléchir, varie avec P, et il en est de même des cosinus directeurs.

Soit encore une tige AB, à double encastrement : l'un fixe en A, l'autre en B, susceptible de glisser parallèlement à la fibre moyenne non déformée. Prenons AB pour axe des x et soient u, v, w les composantes du déplacement éprouvé par le point x, y, z. Si l'on désigne par h le déplacement arbitraire imposé à l'extrémité A, l'équation (1) est remplacée par $u = h$. Il faut en outre écrire que X, Y, Z sont nuls sur la surface latérale. Ces conditions déterminent, pour tous les points de la masse, les valeurs de u, v, w en fonction de h, de l et des dimensions transversales. Supposons que nous comparions des tiges de section semblable, et soit r l'une des dimensions transversales. Il est clair que si h, r, l sont multipliés par un même facteur arbitraire, il en est de même pour u, v, w. On peut donc écrire

$$u = hf\left(\frac{h}{l}, \frac{h}{r}\right);$$

$\frac{h}{l}$ est une très petite quantité; il en est de même pour $\frac{h}{r}$ tant que la section droite a des dimensions comparables à la longueur l, et alors on a sensiblement $u = hf(0, 0)$, c'est-à-dire que u est à peu près proportionnel à h.

Mais, dans le cas d'une tige mince, $\frac{h}{r}$ atteint une valeur notable, et par suite la constante du rapport $\frac{u}{h}$ ne peut plus, lorsque h varie, être admise, même à titre de simple approximation. De même pour $\frac{v}{h}$, $\frac{w}{h}$. Ici, encore, le principe de superposition tombe en défaut.

Je pourrais m'en tenir là, mais il me paraît intéressant de préciser les conditions dans lesquelles la stabilité se change en instabilité. Je considère le cas de la tige à double encastrement.

L'encastrement mobile B ayant subi un déplacement h dans le sens voulu pour comprimer la tige, il s'agit de savoir si l'équilibre sans flambement est stable ou instable. Pour cela, imaginons une déformation virtuelle, infiniment petite, effectuée (sans nouveau déplacement de B) parallèlement à l'un des plans de symétrie que nous attribuons à la tige, et cherchons la variation du potentiel interne.

Chaque point x, o de la fibre moyenne se déplace d'une quantité u suivant AB et d'une quantité y perpendiculairement à AB. Les déplacements u produisent une variation de potentiel qui est infiniment petite du second ordre et positive, puisque l'équilibre longitudinal est évidemment stable. Soit K^2 cette variation.

Passons aux déplacements transversaux représentés par y. L'élément dx de la fibre moyenne prend la longueur $dx\sqrt{1+y'^2}$, que nous pouvons écrire

$$dx\left(1 + \frac{1}{2}y'^2\right),$$

puisque y est infiniment petit. L'allongement de la fibre moyenne est donc

$$\frac{1}{2}\int_0^l y'^2\, dx,$$

et il en résulte une diminution de potentiel égale à

$$\frac{P}{2}\int_0^l y'^2\, dx.$$

En même temps la fibre se courbe. Si l'on désigne par ρ son rayon de courbure et par I le moment d'inertie de la section par rapport à la perpendiculaire au plan de la fibre déformée, il y a de ce fait, pour le fragment de hauteur dx, une augmentation de potentiel égale à $\frac{\mathrm{EI}\,dx}{2\rho^2}$. On peut d'ailleurs remplacer $\frac{1}{\rho}$ par y''. L'augmentation nette de potentiel est ainsi pour l'ensemble de la tige

$$\Delta \mathrm{U} = \frac{\mathrm{EI}}{2}\int_0^{l}(y'')^2\,dx - \frac{\mathrm{P}}{2}\int_0^{l}(y'^2)\,dx + \mathrm{K}^2,$$

et la condition de stabilité est que cette expression demeure positive, quelle que soit la fonction infiniment petite y.

Représentons maintenant cette fonction au moyen de la série de Fourier

$$y = a_0 + \Sigma a_n \sin\left(2n\pi\frac{l}{x} + \alpha_n\right)$$

dans laquelle la sommation se rapporte à la suite des nombres entiers. Il vient, tous calculs faits,

$$\Delta \mathrm{U} = \frac{2\pi^3}{l^2}\,\Sigma n^2 a_n^2\left[\frac{4\pi^2 n^2 \mathrm{EI}}{l^2} - \mathrm{P}\right] + \mathrm{K}^2.$$

Comme les coefficients a_n sont complètement arbitraires ainsi que K, la stabilité exige que la quantité entre crochets soit positive pour toute valeur de l'entier n. Il en résulte que la condition de stabilité est

$$\mathrm{P} < \frac{4\pi^2 \mathrm{EI}}{l^2}.$$

Il faut naturellement prendre pour I le plus petit des moments d'inertie de la section droite.

La condition subsiste lorsqu'on tient compte de la possibilité d'un gauchissement, celui-ci pouvant être obtenu par la composition de déformations effectuées dans deux plans rectangulaires.

Soit S l'aire de la section droite. L'effort P a pour valeur $\mathrm{ES}\frac{h}{l}$. La condition précédente peut donc également s'écrire

$$h < \frac{4\pi^2 \mathrm{I}}{\mathrm{S}l}.$$

On remarque que cette inégalité ne renferme pas le coefficient d'élasticité, en sorte qu'elle reste la même quelle que soit la nature physique de la tige.

Elle donne, par exemple, dans le cas d'une tige circulaire de rayon r :

$$h < \frac{2\pi^2 r^2}{l}.$$

Posons

$$h_1 = \frac{4\pi^2 I}{S l}.$$

A partir du moment où h surpasse h_1, la forme cylindrique devient instable à l'égard de la flexion tout en restant stable au point de vue de la compression directe. La forme stable est fournie par la théorie connue de la courbe élastique. Pour les très petites valeurs de $h - h_1$, elle ne diffère pas sensiblement d'une sinusoïde tangente en A et B à la droite AB et présentant une flèche f qui vérifie l'équation

$$f^2 = \frac{2l}{\pi^3}(h - h_1).$$

Cette flèche n'est donc pas une fonction linéaire de h, et nous constatons de nouveau que le principe de superposition ne s'applique pas. Il y a deux points d'inflexion, situés sur une parallèle à AB. Si l'on considère seulement la partie de la tige comprise entre A et le point d'inflexion le plus rapproché de A, on se trouve dans le cas, envisagé en premier lieu, d'une tige encastrée à un bout et libre à l'autre. La longueur l_1 est égale au quart de l, en sorte que le flambement survient pour une charge P égale à $\frac{\pi^2 EI}{4 l_1^2}$. On peut aussi imaginer une tige réduite à la partie comprise entre les deux points d'inflexion : la longueur l_2 est alors $\frac{l}{2}$. C'est le problème, étudié par Euler, d'une colonne verticale reposant sans encastrement sur un sol horizontal et chargée d'un poids P. Le début du flambement correspond à la valeur $P = \frac{\pi^2 EI}{l_2^2}$.

On sait que la détermination de la courbe élastique conduit aux mêmes calculs que le mouvement d'un corps de révolution autour d'un point fixe. Dans le cas de la flexion plane, le problème équivaut à celui du pendule composé. En poursuivant le rapprochement, on trouve que la condition de flambement revient à ceci : soit L la longueur du pendule simple équivalent au pendule composé; pour que la durée des oscillations puisse avoir une valeur donnée T, il faut et il suffit que T surpasse $\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$; l'angle d'écart qui réalise cette durée est égal à l'angle maximum d'inclinaison de la fibre moyenne de la tige.

OPTIQUE. — *Calcul de la portée des projecteurs de guerre sur terre et sur mer.* Note [1] de M. ANDRÉ BLONDEL.

Le calcul de la portée des projecteurs est un problème plus complexe qu'on ne le suppose d'ordinaire et qui doit tenir compte d'un grand nombre d'éléments, dont plusieurs ne peuvent être représentés que par des coefficients empiriques, à déterminer expérimentalement [2].

Notations. — J'appellerai : I l'intensité lumineuse en bougies d'une source équivalente au faisceau du projecteur; x et x' respectivement la distance du *but* (lieu ou objet observé) au projecteur et à l'observateur en kilomètres; $l = x - x'$ la différence; E l'éclairement en lux à l'emplacement du but (quotient du flux lumineux reçu sur une surface plane à l'aire de cette surface); a le coefficient de transparence atmosphérique (fraction de la lumière incidente qui traverse une épaisseur d'air de 1^{km}); g le grossissement des jumelles de l'observateur; k le coefficient de transmission à travers les verres des jumelles; d le diamètre de l'anneau oculaire, p le diamètre de la pupille; $R = \log\left(k\frac{d^2}{p^2}\right)$ une constante globale des jumelles; V l'acuité visuelle; E_0 l'éclairement minimum en bougies permettant de distinguer le but sous l'acuité visuelle normale; b un coefficient de dimension des objets éclairés, B un coefficient empirique de forme, couleur et contraste de ces objets par rapport au paysage ambiant; L une constance empirique $L = Bb$ définissant une distance à laquelle la vision se fait avec une acuité analogue à l'acuité normale; $H = \log E_0$ une constante empirique.

Éclairement au but. — L'éclairement au but serait $\frac{I}{x^2}$ sans absorption atmosphérique; un coefficient de transparence $a < 1$ le réduit à $E = \frac{I}{x^2}a^x$. Si l'on passe aux logarithmes, on a l'équation

$$\log E = \log I + x \log a - 2 \log x. \tag{1}$$

I est connu pour les différents types de projecteurs par des mesures photométriques directes [3]; on peut d'ailleurs le calculer approxima-

---

[1] Séance du 4 janvier 1915.

[2] Les idées résumées ci-dessous ont été déjà exposées par moi dans diverses Notes inédites; il me paraît opportun d'en faire ici une mise au point plus précise.

[3] Ces mesures sont rendues particulièrement faciles si l'on emploie mon luxmètre portatif, qui permet de mesurer avec précision l'éclairement dans le faisceau tant qu'il n'est pas inférieur à $\frac{1}{10}$ de lux.

tivement, comme je l'ai démontré antérieurement ([1]), en multipliant la surface apparente du miroir par le coefficient d'absorption de celui-ci et de la fenêtre transparente, et par la brillance du cratère de l'arc électrique, qui varie ordinairement de 150 à 200 bougies par millimètre carré, suivant l'intensité du courant et la densité et le voltage à la surface du cratère.

Le coefficient a reste au-dessous de 0,973, donné par Bouguer pour une atmosphère très claire. Sur terre, il dépend principalement de la quantité de poussières contenues dans l'atmosphère au voisinage du sol et ne pourra être connu que par des observations méthodiques. Sur mer, ce coefficient est un peu mieux connu par les travaux du Service des Phares ([2]). On emploiera seulement quelques valeurs numériques approximatives : 0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90.

Pour des valeurs très faibles, il n'y a plus de visibilité, à cause du halo.

Éclairement apparent. — Les rayons qui reviennent du but à l'observateur subissent, par l'absorption atmosphérique, un facteur de réduction $a^{x'}$.

En outre, si l'on emploie des jumelles de Galilée, il en résulte un affaiblissement proportionnel au coefficient de transmission k de l'ensemble des lentilles, y compris les pertes par réflexion sur les surfaces traversées. Avec des jumelles à prismes, il y a un k plus grand et une réduction de clarté dans le rapport $\frac{d^2}{p^2}$ des carrés des diamètres de l'anneau oculaire (facile à mesurer) et de la pupille ($p =$ environ 8^{mm} la nuit). En définitive, l'*éclairement apparent* est réduit à

$$E' = E . a^{x'} k \frac{d^2}{p^2}, \tag{2}$$

ou, en tenant compte de (1), et posant $R = \log k \frac{d^2}{p^2}$,

$$\log E' = \log I + (x + x') \log a - 2 \log x - R = \log I + 2x \log a - 2 \log x - l \log a - R,$$

([1]) A. Blondel, *Théorie des projecteurs électriques de lumière*; in-8°, 1894, 2e édition. En fait, ce calcul donne plutôt un maximum de I, et une détermination expérimentale est toujours préférable.

([2]) M. Allard a publié, en 1876, pour les phares de petite portée, des Tables des coefficients de transparence définis par leur probabilité annuelle.

équation facile à traduire par des abaques. Pour chaque nature d'objets, il faut un certain E′ minimum spécial.

Réalisation de l'acuité visuelle suffisante. — Il faut, en outre, que l'éclairement E′ donne l'acuité visuelle suffisante à la perception des formes (1).

Quelle que soit la couleur des rayons éclairants (ou ce qui revient au même, la couleur du fond éclairé) (2), l'acuité visuelle varie en fonction de l'éclairement (ou plutôt de la brillance apparente qui dépend du pouvoir réflecteur diffusant de ce fond), suivant une même loi, si l'on a soin de rapporter les éclairements à l'éclairement liminaire E_0 comme unité. Cette idée, d'abord énoncée par Helmholtz (3), paraît confirmée expérimentalement par les recherches de Kœnig (4).

D'après les courbes de Kœnig (5), quelle que soit la qualité de la lumière, l'acuité visuelle mesurée par rapport aux caractères de Snellen varie en fonction du logarithme de l'éclairement, suivant une double loi de Fechner, c'est-à-dire représentée par deux lignes droites successives d'inclinaisons différentes : l'une s'appliquant aux faibles éclairements jusqu'à une acuité maxima de 0,15 environ (vision par les bâtonnets); l'autre, beaucoup moins inclinée, pour les éclairements plus forts (vision par les cônes). D'après des auteurs plus récents, le point de passage paraît avoir lieu pour un

(1) On mesure, en général, l'acuité par l'inverse de l'angle limite sous lequel on voit un objet type en noir sur fond blanc, l'angle étant évalué en minutes. L'angle d'acuité unité pour un œil normal, avec un éclairement de 10 à 20 lux sur papier blanc mat, est de $1' \times 5'$, ce qui correspond à un intervalle de $0^{m},29 \times 1^{m},45$ à distance de 1^{km}. Si les objets à distinguer sont moins rapprochés angulairement, un œil normal (sauf exception) ne pourra les distinguer. Réciproquement, si l'angle sous-tendu est supérieur à cette limite, il suffit d'un éclairement moindre, pourvu qu'il soit supérieur, comme l'a démontré Charpentier, à un certain éclairement liminaire.

(2) L'acuité visuelle dépend en effet de la couleur des objets, ou la couleur spectrale de l'énergie lumineuse employée; on sait, depuis Langley, que le maximum de la sensibilité visuelle dans le spectre solaire a lieu pour les rayons jaunes-verts et que cette sensibilité s'annule rapidement vers les deux extrémités du spectre. L'aberration sphérique de l'œil et les difficultés d'accommodation font d'ailleurs qu'à grande distance, l'acuité visuelle produite par les rayons bleus est faible; aussi n'y a-t-il aucun inconvénient à supprimer la partie spectrale bleue des faisceaux des projecteurs.

(3) HELMHOLTZ, *Handbuch der physiologischen Optik*, I. Aufl., p. 443.

(4) ARTHUR KOENIG, *Gesammelte Abhandlungen*, p. 391, lignes 6 à 20.

(5) KOENIG, *Gesammelte Abhandlungen*, p. 388.

éclairage plus fort, soit une brillance d'environ 0,05 à 0,1 bougie par mètre carré, correspondant à un éclairement sur papier blanc d'environ 0,25 à 0,50 lux [1]; cette brillance devrait être, autant que possible, dépassée pour un but éclairé par projecteurs.

J'admets que, dans le problème actuel, où les caractères de Snellen sont remplacés par des objets de couleur perçus par contraste sur un fond relativement foncé, on peut conserver la loi de Fechner sous la forme

$$(3) \qquad V = B\log\left(\frac{E}{E_0}\right) = B(\log E - H),$$

en désignant par B et H deux constantes empiriques, à choisir d'après la nature, la couleur, le fond, etc. du but observé et la composition de la lumière employée. Suivant l'éclairement, B et H seront différents; et la courbe comprendra donc deux tronçons rectilignes successifs [2].

Détermination des constantes B *et* H. — On peut déterminer B et H en faisant une série de mesures, un jour où l'absorption atmosphérique soit négligeable, avec un projecteur d'intensité connue, produisant un éclairement $\frac{I}{x^2}$ sur but observé à l'œil nu (pour éviter toute erreur provenant des lunettes); on a la relation suivante :

$$(4) \qquad \log E = \frac{x'}{Bb} - H,$$

où b est une dimension caractéristique des objets, et par suite $\frac{b}{x'}$ l'angle visuel en radian, et $\frac{0,29x'}{b}$ l'acuité en inverse de minute d'angle. Si l'on dispose d'une série de

---

(1) Cf. Percy W. Cobb, *Trans. Illum. Engin. Society*, juin 1913, p. 293.

D'après J.-S. Dow (*The Illum. Engin.*, avril 1909), le coude aurait lieu plutôt vers 0,2 lux; suivant Luckiesh (*Trans. Illum. Engin. Society*, avril 1912, p. 154), ce coude ne se produirait que vers 1 lux sur papier blanc.

(2) Il résulte d'ailleurs de différentes expériences, et notamment de celles de Percy W. Cobb, que toute augmentation de l'éclairage ambiant, quand le but lui-même n'est pas très éclairé, réduit considérablement la visibilité de ce but; c'est seulement quand le but est très fortement éclairé (brillance supérieure à 10 bougies par mètre carré, jamais atteinte dans les projections) que l'éclairage ambiant peut augmenter la visibilité.

On peut en conclure qu'un ciel étoilé peut réduire l'acuité visuelle; cependant, si l'éclairage ambiant provient de la Lune, il peut contribuer un peu à l'éclairage du but et n'être pas nuisible si la Lune n'est pas dans le champ de l'œil.

L'éclairage latéral de l'œil de l'observateur par le faisceau du projecteur est extrêmement nuisible et fait tomber beaucoup l'acuité, surtout si la lumière est bleuâtre.

grandes glaces en verre fumé, d'épaisseurs variées, dont les transparences sont T (étalonnées d'avance), on peut faire varier E à volonté en les interposant successivement à la sortie du projecteur. D'où :

(5) $$\frac{x'}{\mathrm{B}b} - \mathrm{H} = \log \mathrm{I} - 2\log x + (x + x')\log a + \log \mathrm{T}.$$

Si l'on fait varier x' (en déplaçant l'observateur) et T de manière à obtenir toujours juste la visibilité des formes, on obtiendra une relation entre x' et E. En portant $\log \mathrm{T}$ en abscisses et le premier membre de l'équation en ordonnées, on obtiendra, si $\log a$ est négligeable, une droite dont le coefficient angulaire donnera la quantité $\frac{1}{g\mathrm{L}} = \frac{1}{g\mathrm{B}b}$ et l'ordonnée à l'origine mesurera la quantité H.

On peut opérer aussi en laboratoire sur des modèles réduits des navires, des combattants et des scènes et paysages à illuminer. En les éclairant par une petite lampe mobile d'intensité constante connue, on fera varier la distance de façon à faire varier l'éclairement E qui sera mesuré suivant les procédés ordinaires (loi des carrés). Dans le premier terme, le rapport $\frac{x'}{b}$ sera le même pour un modèle réduit au $n^{\text{ième}}$ que pour l'objet réel placé à une distance n fois plus grande. La droite sera construite en fonction de x' et de $\log \mathrm{E}$ [équation (4)].

Équation générale des portées. — Pour écrire celle-ci, il suffira de remplacer E par la valeur (2) de l'éclairement apparent calculé plus haut en tenant compte des lunettes et d'introduire dans l'expression de l'acuité visuelle le grossissement g, qui multiplie la dimension caractéristique b; on aura ainsi la relation

$$\frac{x'}{g\mathrm{B}b} - \mathrm{H} = \log \mathrm{E}' = \log \mathrm{I} - (x + x')\log a - 2\log x - \log\left(k\frac{d^2}{p^2}\right).$$

D'où, d'après (3) et en représentant par R le dernier terme du second membre,

(6) $$\log \mathrm{I} = \left(\frac{x'}{g\mathrm{L}} - \mathrm{H} + x'\log a\right) + (2\log x + x\log a) + \mathrm{R}.$$

Deux cas particuliers intéressants sont à considérer : si $x = x'$ (cas de l'observateur sur un navire), le second membre se simplifie comme suit [1] :

(7) $$\log \mathrm{I} = \frac{x}{g\mathrm{L}} - \mathrm{H} + 2\log x + 2x\log a + \mathrm{R};$$

---

[1] Plus généralement, si l'on n'admet pas la loi de Fechner et si l'on préfère supposer une loi quelconque plus complexe, on pourra, en désignant par f le symbole d'une

si $x' = 0$ (cas de l'observateur combattant lui-même au but sans jumelles),

$$(8) \qquad \log I = \frac{x}{L} - H + 2\log x + x\log a.$$

Pour une valeur donnée supposée connue de a, la première parenthèse de (6) ne contient qu'une fonction de x' et la seconde qu'une fonction de x. On peut donc dresser des tables des valeurs de ces deux membres en fonction respectivement de x et x'. Si l'on donne I et la différence $l = x - x'$ supposée connue, cette équation détermine x.

Abaques. — La manière la plus simple d'employer ces formules est de construire des abaques cartésiens ou à points alignés [1] : 1° *Abaque à trois échelles parallèles équidistantes à points alignés.* Soit $R = 0$ et a donné. Sur une échelle centrale, graduée par rapport à I, on portera les valeurs de $2\log I$; sur une des autres échelles graduée en fonction de x' considéré comme variable, on portera les valeurs de la première parenthèse; sur la troisième échelle graduée en fonction de x, on portera les valeurs de la seconde parenthèse; une fois les trois échelles établies, il suffira de joindre par une droite les points x', pris sur la première échelle, et x pris sur la troisième échelle pour en déduire I par lecture sur l'échelle centrale; l'opération inverse peut se faire en partant de la valeur I et en tâtonnant sur la position de la droite jusqu'à ce que la différence $x - x'$ devienne égale à l. Si l'on a par hypothèse $l = 0$, c'est-à-dire l'observateur à la même distance que le projecteur, on peut faire passer tous les termes en $\log a$ dans une seule des parenthèses du second membre et n'avoir ainsi à considérer a que pour l'une des échelles; en outre, on peut prendre le même x sur les deux échelles.

L'introduction de R se traduit par une translation de l'échelle des I sur elle-même. On tracera autant de couples d'échelles extrêmes qu'on voudra considérer des valeurs différentes de a. Le même type d'abaque résout l'équation (2) en E', I et x.

2° *Abaque cartésien.* — Les équations (7) et (8) se prêtent à un abaque cartésien des plus pratiques. Il suffit de porter en abscisses x et en ordonnées sur un axe gradué en I les valeurs de $\log I$ calculées par l'équation, pour divers a, après avoir supprimé du second membre le terme R. On peut aussi tracer une courbe

$$\log I = \frac{x}{gL} - H - 2\log x,$$

---

fonction, écrire la relation (7) sous la forme plus générale

$$(7\,bis) \qquad \log I = f(x) + 2\log x + 2x\log a + R.$$

Cette fonction f peut toujours être déterminée empiriquement et servir aussi pour l'équation (8).

[1] Suivant les méthodes nomographiques de M. d'Ocagne.

applicable pour $a=1$ et pour $a \neq 1$; il suffit de remplacer l'axe des abscisses par un axe oblique, faisant avec l'axe des x un angle dont le coefficient angulaire soit $2 \log a$ pour l'équation (7) ou $\log a$ pour l'équation (8). Une fois les échelles et axe en place, on lit en coordonnées obliques les valeurs de I correspondantes aux valeurs de x, et inversement. Le terme R entraîne une simple translation de l'échelle des I vers le bas. De même, si $x' \neq x$, on ajoutera au second membre de (7) un terme $-(x-x')\left(\frac{1}{g\mathrm{L}}+\log a\right)$, et il suffira de donner à l'échelle des I une translation $-l\left(\frac{1}{g\mathrm{L}}+\log a\right)$ vers le haut.

Cet abaque est facile à construire, même si l'acuité ne suit pas la loi de Fechner, car on peut toujours tracer expérimentalement la courbe de $\log \mathrm{I}$ en fonction de l, comme on l'a expliqué plus haut.

La méthode exposée ci-dessus résout, croyons-nous, autant qu'on peut le faire dans l'état actuel de nos connaissances, le problème théorique du calcul de la portée d'un projecteur. Il appartient aux ingénieurs et aux officiers qui voudront appliquer cette méthode de déterminer, par les procédés indiqués ci-dessus, les constantes empiriques qui figurent dans les formules et qui permettront d'expliciter celles-ci et de construire dans chaque cas l'abaque convenable.

BOTANIQUE. — *Sur le* Solanum Caldasii *Kunth* (S. guaraniticum *Hassler*) *au point de vue systématique.* Note [1] de M. **Édouard Heckel.**

Étant donné ce que j'ai fait connaître dans ma précédente Note [2], concernant cette espèce d'après mes observations *in vivo*, il semble bien difficile d'admettre la manière de voir de M. Berthault (*Sol. tub.*, p. 159) qui place cette plante dans ses Solanum à sépales arrondis, à corolle en roue et à feuilles à folioles nombreuses poilues, côte à côte sans distinction avec *S. etuberosum* Lindley. Je n'ai en effet relevé que des différences entre ces espèces. D'abord j'ai indiqué l'état de la corolle, je pourrais y ajouter que la couleur de cette enveloppe (toujours très grande), blanc verdâtre dans *S. Caldasii* ou *guaraniticum*, tandis qu'elle est plus petite et bleue violacée dans *S. etuberosum;* que les feuilles peuvent y être velues ou très peu velues, comme c'est le cas dans la variété *glabrescens* du *S. Caldasii* qui est la plus connue dans tous les herbiers (du Nord du Chili); que les pédoncules

(1) Séance du 4 janvier 1915.

(2) *Comptes rendus*, t. 160, 4 janvier 1915, p. 24.

floraux sont très longs dans *S. Caldasii* et plus courts dans *S. etuberosum;* les inflorescences étant très lâches dans la première de ces deux espèces et plus ramassées dans la seconde; enfin, que dans cette dernière espèce, les pédoncules sont le plus souvent articulés très bas près de leur insertion sur l'axe.

En réalité, tout bien considéré, et comme ensemble et comme détails (¹), ces deux espèces n'ont rien de commun que leur patrie : le Chili. Je ne crois pas non plus qu'on puisse la maintenir auprès de *S. tuberosum;* mais je la rapprocherais volontiers des Solanum à corolle stellaire voisins de *S. Commersonii*, par exemple, dont elle a bien des caractères, et, en tout cas, l'indiquer comme passage entre les Solanum à corolle stellaire et ceux à corolle rotacée. C'est une section à créer si l'on conserve comme fondamentaux les caractères tirés de l'état de la corolle. Cette section s'appellerait *Subrotacées*, et l'on aurait ainsi : les *Stellaires*, les *Subrotacées* et les *Rotacées* comme Braun et Hanstein ont subdivisé les *dicotylédones* en *polypétales*, *subgamopétales* et *gamopétales*. C'est aussi l'opinion de M. Wittmack (de Berlin) *in litteris.*

Mes comparaisons entre *S. Caldasii* (ou *S. guaraniticum*) et *S. etuberosum* ont été faites à l'aide de nombreuses plantes fraîches, en fleurs et en fruits de la première espèce, aidées de la diagnose de Dunal au Prodrome; pour la seconde, des exsiccata de *S. etuberosum* provenant de l'herbier A. de Candolle à Genève et récoltés au Chili par Philippi.

Enfin, n'ayant pu moi-même, à cause des circonstances de guerre, aller à Genève pour consulter l'échantillon type (du Prodome) qui est trop précieux pour être envoyé en communication, j'ai cependant, grâce à l'extrême complaisance de M. Casimir de Candolle, à qui j'ai l'agréable devoir d'en adresser tous mes remercîments, pu posséder une grande photographie (grandeur naturelle) de ce type, et, en outre, tous les renseignements sur les détails morphologiques qui pouvaient éclairer la photographie. Relevés par M. Buser, assistant de M. Casimir de Candolle, ils ont été contrôlés par ce dernier savant. Il en résulte que les échantillons de l'herbier Alphonse de Candolle, dont j'ai parlé ci-dessus, répondent bien au type *etuberosum* Lindl., car : 1° les sépales n'y sont pas mucronés, mais longs,

(¹) Si l'on voulait pousser la recherche des caractères jusque dans les détails micrographiques, on pourrait invoquer, comme le montre G. Bitter [*Solanum morelliforme* Bitter et Münch. (*Sonder. Abh. Nat. Ver.*, Brême, 1911, Bd XXIII, H. I, p. 236)], la forme spéciale des grains d'amidon dans cette espèce, et aussi leurs dimensions qui les distinguent d'autres espèces du même groupe des Tubérariées.

triangulaires, subobtus, à bords tantôt plus ou moins étroits, tantôt ondulés, rétrécis au-dessous de leur extrémité supérieure; 2° inflorescences pauciflores (7 à 8 fleurs) lâches à pédoncules longs, mais non pas très longs comme dans *S. Caldasii;* 3° le système foliaire est à peu près également pileux, mais les poils paraissent plus développés à la face supérieure, parce que les poils y sont plus gros; 4° enfin, les articulations des pédoncules floraux, variables dans leur situation, siègent sur les inférieurs aux $\frac{2}{3}$ de leur longueur au-dessus du calice, et, sur les supérieurs, elles sont très rapprochées de la base. Tous les autres caractères sont bien fixés par la diagnose du Prodrome, sauf cette réserve que (d'après la photographie) les foliolules supplémentaires mêlées aux lobes foliaires existent dans ce spécimen, bien que non signalées dans la diagnose. Les lobes foliaires sont bien *subsessiles* dans cette espèce, tandis qu'ils sont subpétiolés ou même courtement pétiolés dans *S. Caldasii;* et les lobes du calice, sur lesquels je viens d'insister, sont tout à fait différents dans *S. Caldasii* où leur forme est bien, comme le dit Dunal, « *late ovatis acutis* ».

On voit, par la comparaison des caractères différentiels, les dissemblances notables qui existent entre ces deux espèces si nettement rapprochées et presque confondues par M. Berthault; mais il en ressort également combien la plupart de ces caractères, auxquels on accorde une importance primordiale, sont frappés de variabilité, et combien aussi, pris un à un et considérés comme base d'une classification, ils deviennent décevants par leur inconstance. C'est ce qui justifie largement les réserves faites par des botanistes éprouvés, comme A. de Candolle et J.-G. Baker, en ce qui touche la facilité trop escomptée par certains botanistes actuels, d'apporter de l'ordre dans la classification des *Solanum tubérifères*, en mettant en cause des caractères très fluctuants et dont ils ne se sont pas étudiés à suivre, sur les plantes vivantes et sauvages, les différentes variations. La *duperie* des herbiers est ici plus redoutable peut-être que nulle part ailleurs. Je ne suis pas le premier ni le seul à le proclamer très haut, mais je ne pouvais laisser passer cette occasion de la redire une fois de plus. J'aurai malheureusement l'occasion de le répéter encore. Si bien recueilli qu'il ait pu être, un rameau fleuri et en fruit d'une plante ne suffit pas à établir le bilan de la variation des caractères dans une même espèce; il faut recourir à des observations sur l'ensemble d'un pied et même sur plusieurs représentants de la même espèce, et cela dans les plantes vivantes autant que possible. N'examiner que des échantillons d'herbier, même de plusieurs stations diverses, c'est s'exposer, pour des plantes telles que celles

des genres *Solanum*, *Rosa*, *Rubus*, etc., à des mécomptes semblables à celui dont je viens de donner ici un exemple. Peut-on s'étonner de voir des espèces, ou prétendues telles, et si sujettes à variations, subir en dernière analyse, *par la culture*, le phénomène de la mutation qui ne diffère en somme des variations que par sa soudaineté, sa profondeur et peut-être ses causes?

CORRESPONDANCE.

M. **Alfred Rébelliau**, membre de l'Académie des Sciences morales et politiques, adresse des remercîments pour la subvention que l'Académie a accordée au *Bulletin de guerre de l'Alliance française*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Catalogue d'étoiles observées à Pé-kin sous l'empereur K'ien-Long (XVIIIe siècle), réduites à 1875 et identifiées avec les étoiles de nos constellations*, par le R. P. P. Tsutsihashi. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° *Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie)*, par Étienne Joukowsky et Jules Favre. (Présenté par M. Termier.)

3° *Observations sur les rapports entre la flore du Salève et la géologie de cette montagne*, par M. J. Favre. (Présenté par M. Termier.)

M. **J. Feytaud** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Pour la géométrie de l'équation de Laplace.* Note de M. **E. Bompiani**.

1. Dans une Note récente (¹), M. Darboux a donné une démonstration analytique d'un théorème sur un cas de fermeture de la suite de Laplace

(¹) *Comptes rendus*, t. 159, n° 16 (19 octobre 1914).

relative à l'équation

$$\frac{\partial^2 x}{\partial \rho_1 \partial \rho_2} + a\frac{\partial x}{\partial \rho_1} + b\frac{\partial x}{\partial \rho_2} + cx = 0, \tag{1}$$

que j'avais trouvée par des considérations géométriques ([1]); et de mon théorème il a déduit une démonstration nouvelle d'un théorème bien connu de M. Goursat.

Je voudrais faire ressortir ici les liaisons intimes entre ces deux cas de fermeture, ce qui me donnera l'occasion d'établir d'une manière intuitive certains résultats de M. Darboux sur le passage d'une équation à son adjointe.

2. Je dis que $\infty^2 S_\nu$ (espaces linéaires à ν dimensions) forment une *configuration de Laplace* ([2]) s'ils peuvent s'assembler de deux manières distinctes comme espaces osculateurs à ∞^1 courbes et si la même chose arrive des espaces $S_{\nu+1}$ réunissant les S_ν osculateurs à deux courbes infiniment voisines.

Comme les notions d'espace réunissant deux espaces donnés et d'espace d'intersection se correspondent par dualité, on peut dire que :

Si l'on transforme par dualité une configuration de Laplace, on obtient encore une configuration de Laplace.

Si la dimension de l'espace ambiant n est $> \nu + 1$, nous imaginerons avoir projeté la configuration des $\infty^2 S_\nu$ sur un $S_{\nu+1}$ et alors une corrélation nous donnera une surface avec un réseau conjugué.

3. Analytiquement. Soit donné un réseau conjugué Φ dont les coordonnées homogènes d'un point x sont $n+1$ solutions indépendantes de l'équation (1). On peut construire une configuration de Laplace en réunissant les S_h et les $S_k (h + k = n - 1)$ osculateurs aux courbes caractéristiques (du réseau) qui passent par chaque point x [voir *loc. cit.* ([2])]. Un de ces S_{n-1} est individualisé par les points

$$x, \quad \frac{\partial x}{\partial \rho_1}, \quad \ldots, \quad \frac{\partial^h x}{\partial \rho_1^h}, \quad \frac{\partial x}{\partial \rho_2}, \quad \ldots, \quad \frac{\partial^k x}{\partial \rho_2^k};$$

donc il a pour coordonnées (tangentielles) λ_i les déterminants d'ordre n

---

([1]) *Rend. Circ. matem. di Palermo*, t. XXXIV (1912, 2e sem.).

([2]) Voir ma Note : *Sur les configurations de Laplace* (*Comptes rendus*, t. **156**, 24 février 1913, p. 603).

qu'on peut extraire de la matrice :

$$\left\|\begin{matrix} x_1 & x_2 & \dots & x_{n+1} \\ \frac{\partial x_1}{\partial \rho_1} & \frac{\partial x_2}{\partial \rho_1} & \dots & \frac{\partial x_{n+1}}{\partial \rho_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial^h x_1}{\partial \rho_1^h} & \frac{\partial^h x_2}{\partial \rho_1^h} & \dots & \frac{\partial^h x_{n+1}}{\partial \rho_1^h} \\ \frac{\partial x_1}{\partial \rho_2} & \frac{\partial x_2}{\partial \rho_2} & \dots & \frac{\partial x_{n+1}}{\partial \rho_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial^k x_1}{\partial \rho_2^k} & \frac{\partial^k x_2}{\partial \rho_2^k} & \dots & \frac{\partial^k x_{n+1}}{\partial \rho_2^k} \end{matrix}\right\|.$$

Le résultat géométrique du numéro précédent nous dit que :

Les λ_i sont solutions d'une même équation de Laplace (¹)

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial \rho_1 \partial \rho_2} + \alpha \frac{\partial \lambda}{\partial \rho_1} + \beta \frac{\partial \lambda}{\partial \rho_2} + \gamma \lambda = 0. \tag{2}$$

Les remarquables relations données par M. Darboux entre les symboles (h, k) relatifs à l'équation (1) et à l'équation (2) expriment tout simplement des relations de connexité entre des espaces ayant différents ordres d'osculation avec les courbes caractéristiques.

4. Nous voulons examiner maintenant les cas de fermeture de la suite de Laplace relative à l'équation à laquelle satisfont les expressions (h, k) quand on sait que la suite relative à l'équation (1) est terminée dans un sens (au moins).

Si cela arrive après k_1 transformations de Laplace exécutées sur Φ un des trois cas suivants doit se présenter (²) :

1° Les S_{k_1} osculateurs aux courbes ρ_2 (sur lesquelles ρ_2 varie seul) de Φ en tous les points d'une courbe ρ_1 passent par un même point. La $(k_1)^{\text{ième}}$ transformée de Laplace de Φ est une *courbe* γ_2 sur laquelle ρ_2 seul varie (cas général, démontré aussi dans la Note citée de M. Darboux).

2° Les courbes ρ_2 appartiennent à des S_{k_1} osculateurs à une courbe γ_1 de S_n sur laquelle ρ_1 seul varie (cas de M. Goursat).

(¹) Darboux, *Théorie des surfaces*, t. II, p. 183 et suiv.

(²) *Rend. Circ. matem. di Palermo* (*loc. cit.*).

3° Les courbes ρ_2 appartiennent à des S_{k_1} passant par un $S_\mu (\mu < k_1)$ fixe.

Supposons d'abord que le premier cas se présente. Puisque les S_{k_1} osculateurs aux courbes ρ_2 de Φ en tous les points d'une courbe ρ_1 passent par un point, les $S_{k_1+\nu}$ osculateurs aux mêmes courbes aux mêmes points passent par un S_ν osculateur à γ_2 et la même chose arrive des espaces $S_{k_1+\nu+h}$ réunissant un $S_{k_1+\nu}$, osculateur à ρ_2, avec l'espace S_h osculateur à ρ_1 au même point. Posons $\nu = k + h$ et considérons la configuration de Laplace formée par les S_{k+h} réunissant les S_h et les S_k osculateurs aux mêmes points de Φ aux courbes ρ_1 et ρ_2 qui y passent. Si l'on coupe cette configuration par un $S_{n-\nu}$ on a une surface Φ' [dont les coordonnées d'un point sont les expressions (h, k) relatives à (1)] avec un réseau conjugué; les $S_{k_1+\nu+h}$ passant par un S_ν donnent lieu à des S_{k_1+h} passant par un point : et comme ils sont osculateurs aux courbes ρ_2 aux points d'une courbe ρ_1 (de Φ') nous pouvons conclure :

Si la suite de Laplace relative à l'équation (1) *se termine après k_1 transformations selon le cas général, la suite de Laplace relative à l'équation dont les expressions (h, k) sont des solutions se termine (dans un sens) après $k_1 + h$ transformations selon le cas général.*

Supposons maintement que le cas de M. Goursat se présente. On doit avoir évidemment $k \leqq k_1$. L'espace S_{k_1+h} qui réunit l'espace S_{k_1} contenant une courbe ρ_2 de Φ et l'espace S_h osculateur à une courbe ρ_1 en un point de ρ_2 ne varie pas avec ce point (parce qu'il est osculateur à la courbe γ_1) : donc il contient les S_{k+h} construits comme au numéro précédent dans tous les points d'une courbe ρ_2. Si l'on coupe la configuration de Laplace des $\infty^2 S_{k+h}$ de S_n par un $S_{n-\nu} (\nu = h + k)$ on a une surface Φ' avec un réseau conjugué. Les S_{k+h} contenus dans un S_{k_1+h} donnent lieu aux points d'une courbe caractéristique ρ_2 de Φ' contenue dans un S_{k_1-k}; c'est-à-dire :

Si la suite de Laplace relative à l'équation (1) *se ferme (dans un sens) selon le cas de M. Goursat, après k_1 transformations, la suite relative à l'équation dont les expressions (h, k) sont des solutions se ferme dans le même sens selon le cas de M. Goursat, après $k_1 - k$ transformations.*

D'une manière analogue, on étudie ce qui arrive pour le troisième cas de fermeture.

5. Après avoir étudié les réseaux conjugués (h, k) qui dérivent

d'un réseau donné Φ, nous examinerons les réseaux qu'on peut déduire de Φ avec l'opération indiquée au n° 2. Supposons que la suite de Laplace relative à Φ se termine selon le cas général (dans un sens) après k_1 transformations, et soit $k \geqq k_1$ et $n = k + h + 1$. Les espaces S_{k+h} construits comme précédemment aux points d'une courbe ρ_1(de Φ) passent par un même S_{k-k_1} : par dualité, les $\infty^2 S_{k+h}$ donnent lieu à un réseau conjugué Φ' dont les courbes caractéristiques ρ_1 appartiennent à un S_{k_1+h} : donc Φ' présente le cas de M. Goursat.

Si la suite de Laplace relative à l'équation (1) *se termine* (*dans un sens*) *après k_1 transformations selon le cas général, la suite relative à l'équation dont les λ_i du n° 3 sont des solutions se termine* (*dans un sens*) *après $k_1 + h$ transformations selon le cas de M. Goursat.*

Sans qu'il soit nécessaire de poursuivre notre examen, nous pouvons conclure à la liaison intime entre les différents cas de fermeture. En effet, si l'on compare ce résultat avec le premier du n° 4, on voit que, d'une même suite fermée selon le cas général, nous avons déduit deux suites fermées après le même nombre d'opérations, mais dans deux cas différents.

La dualité que nous avons fait ressortir entre ces deux cas explique bien le pourquoi de la démonstration de M. Darboux pour le théorème de M. Goursat.

6. Nous terminerons avec la proposition suivante (qu'on peut comparer à la proposition de M. Darboux, t. II, p. 405) :

Si les coordonnées ponctuelles d'une surface, dans un espace quelconque, satisfont à une équation (1) *qui s'intègre par la méthode de Laplace, les coordonnées tangentielles des hyperplans ayant des osculations déterminées avec les courbes du réseau conjugué satisfont à une équation du même type qui s'intègre en même temps que la première ; mais si la suite relative à* (1) *se ferme dans le cas général, la nouvelle suite se fermera dans le cas de M. Goursat, et* vice versa. *Les relations entre les nombres de transformations nécessaires ont été déjà données.*

PHYSIQUE. — *Sur la diffusion de la lumière par l'air.* Note de M. J. **Cabannes**, présentée par M. Villard.

Les diverses théories imaginées pour expliquer la propagation et la dispersion des ondes lumineuses dans les milieux matériels permettent toutes de prévoir une diffusion latérale de la lumière. Elles conduisent, dans le cas d'un gaz transparent (où les molécules sont irrégulièrement distribuées), à la formule de Lord Rayleigh (¹)

$$\frac{i}{E}=\frac{2\pi^2}{\lambda^4}\left(\frac{\mu-1}{n}\right)^2 nV.$$

Cette formule exprime, pour chaque radiation, le rapport entre l'intensité i de la lumière diffusée latéralement par V^{cm^3} de gaz et l'éclairement E d'une surface normale au faisceau incident.

λ est la longueur d'onde en centimètres; μ l'indice de réfraction; n le nombre de molécules diffusantes par centimètre cube.

On suppose que la lumière incidente n'est pas polarisée.

C'est à cette diffusion de la lumière par les molécules de l'air qu'on attribue actuellement le « bleu du ciel ». Il était intéressant de chercher à reproduire au laboratoire ce phénomène naturel, et je suis arrivé à montrer expérimentalement la diffusion des rayons visibles et ultraviolets par quelques centimètres cubes d'air à la pression atmosphérique.

L'air, desséché et filtré, est introduit lentement dans un récipient de fonte muni de deux regards en quartz. On y projette, à l'aide de deux lentilles de quartz (distances focales de 20^{cm}; diamètres de 5^{cm}), l'image d'une lampe à vapeur de mercure et à tube de quartz (ampères : 4,2; volts : 170). On observe latéralement le faisceau lumineux, dans le voisinage de l'image, suivant une direction parallèle à l'axe de la lampe. La forme du récipient est telle que la très faible quantité de lumière diffusée par les parois garnies de velours noir ne parvient pas à l'œil de l'observateur.

I. *Observation visuelle.* — L'éclat latéral du faisceau lumineux se déduit de la formule de Lord Rayleigh. En admettant que l'état latéral de la lampe normalement à son axe vaut 600 $\frac{\text{bougies}}{\text{cm}^2}$, la formule donne, dans les condi-

(¹) Lord Rayleigh, *Collected Papers*, t. I, art. 9, p. 104; Smoluchowsky, *Bull. int. de l'Acad. des Sc. de Cracovie*, décembre 1907; L. Natanson, *Ibid.*, janvier 1914.

tions de l'expérience, $\frac{1}{2} 10^{-5} \frac{\text{bougie}}{\text{cm}^2}$ ($\lambda = 0^{\mu},436$). C'est l'éclat d'une feuille de papier buvard (albedo $= 0,70$) éclairée normalement par une bougie à $2^{m},10$.

L'expérience confirme ces prévisions théoriques. On voit facilement le faisceau lumineux à l'œil nu : il se dessine en bleu sur le fond noir. On cesse d'apercevoir le faisceau lorsqu'on fait le vide dans le récipient.

II. *Observation photographique*. — J'ai entrepris la vérification quantitative de la formule de Lord Rayleigh par une méthode de photométrie photographique.

La seule manière correcte d'utiliser la photographie dans les mesures photométriques est la suivante : On cherche à produire sur la même plaque, en des temps de pose égaux, deux impressions identiques : l'une, avec la source de faible intensité; l'autre, avec la source intense affaiblie dans un rapport connu. On sépare avec un spectrographe ([1]) les impressions produites par les diverses radiations.

La difficulté des mesures provient ici de l'énorme rapport d'affaiblissement qu'il faut obtenir : l'une des deux sources à comparer se trouve être cent millions de fois plus éclatante que l'autre. On réduit l'intensité de la lampe en interposant entre elle et la fente du spectrographe des écrans de quartz dépoli préalablement étalonnés.

On étudie les clichés au microphotomètre ([2]).

Résultats. — Soit Q le rapport mesuré entre l'éclat latéral du faisceau dans l'air à la pression atmosphérique et l'éclat de la lampe. Les expériences préliminaires ont donné pour Q les valeurs suivantes :

$$\lambda = 0^{\mu},303 \qquad Q = 3,65 \times 10^{-8}$$
$$\lambda = 0^{\mu},334 \qquad Q = 2,70 \times 10^{-8}$$

ces valeurs sont approchées à quelques dixièmes près. Si l'on prend comme inconnue, dans la formule de Lord Rayleigh, le nombre n de molécules par centimètre cube, ces expériences donnent pour n une valeur voisine de $2,5 \times 10^{19}$. On en déduit, sinon la valeur exacte, du moins l'ordre de grandeur (55×10^{22}) de la constante d'Avogadro.

([1]) Le spectrographe très lumineux dont je me suis servi est un appareil à prismes et lentilles de quartz, qui avait été construit par MM. Fabry et Buisson pour leurs recherches sur la nébuleuse d'Orion. Voir *Journal de Physique*, mai 1914.

([2]) Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. 156, février 1913.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le produit d'expansibilité*. Note de **M. L. Gay**, présentée par M. Haller.

I. La tension de la vapeur d'eau en équilibre chimique avec un hydrate donné n'a pas, à température constante, une valeur invariable.

Il en est donc de même de la tension d'expansibilité (¹) de cet hydrate par rapport à H^2O (ainsi, naturellement, que par rapport au constituant anhydre).

Toutefois ces deux tensions d'expansibilité ne sont pas indépendantes l'une de l'autre.

a. Admettons que, quelles que soient les valeurs des tensions d'expansibilité, la composition de l'hydrate soit *rigoureusement* invariable; soit A, nH^2O sa formule. En parcourant un cycle réversible isotherme dans lequel on extrait, osmotiquement, de l'hydrate une molécule A et n molécules H^2O (à l'état idéal de gaz parfaits) sous les tensions respectives (tensions d'expansibilité de l'hydrate) Π'_1 et Π_1, puis on fixe à nouveau ces molécules sous les tensions Π'_2 et Π_2, on obtient la relation

$$RT\left(n \log\frac{\Pi_1}{\Pi_2} + \log\frac{\Pi'_1}{\Pi'_2}\right) = 0,$$

d'où

$$\Pi^n \Pi' = Z_n,$$

Z_n étant, à température et pression (subie par l'hydrate) invariables, une constante que nous appellerons *produit d'expansibilité* de l'hydrate considéré.

b. Si, au contraire, nous supposons que la composition de l'hydrate n'est pas rigoureusement invariable, nous pourrons appliquer à cette phase la règle de Duhem-Margules

$$(n+\varepsilon)\, d \log \Pi_\varepsilon + d \log \Pi'_\varepsilon = 0.$$

D'où, par intégration depuis la composition A, nH^2O jusqu'à

(¹) Voir dans la Thèse de l'auteur, *La notion de tension d'expansibilité* (Gauthier-Villars, Paris, 1914), la signification de ce terme et la façon d'en calculer la valeur à partir des pressions des gaz ou vapeurs.

$A, (n+\varepsilon) H^2O$,

$$\Pi_\varepsilon^n \Pi'_\varepsilon e^{\int_{\Pi_0}^{\Pi_\varepsilon} \varepsilon \, d \log \Pi_\varepsilon} = \Pi_0^n \Pi'_0 = Z_n$$

[Π_ε et Π'_ε sont les tensions d'expansibilité correspondant à la composition $A, (n+\varepsilon) H^2O$ (1); Π_0 et Π'_0, les tensions d'expansibilité correspondant à la composition rigoureuse $A, n H^2O$].

Le terme sous $\int$ est extrêmement petit $\left(\text{à moins que } \frac{\Pi_\varepsilon}{\Pi_0} \text{ ne soit extrêmement grand}\right)$; la relation établie *rigoureusement*, en a, pour le produit d'expansibilité est donc encore très sensiblement vérifiée.

Qu'on admette l'une ou l'autre des hypothèses précédentes, on obtient la relation différentielle

$$RT \, d \log Z_n = V_n \, dP + \frac{EQ_n}{T} \, dT$$

(V_n volume moléculaire de l'hydrate, Q_n sa chaleur de formation à partir des constituants pris à l'état de gaz parfaits, dP et dT variations de la pression subie par l'hydrate et de sa température).

II. Deux hydrates en équilibre chimique ont mêmes tensions d'expansibilité. Soient $[\Pi]_m^n$ et $[\Pi']_m^n$ les tensions correspondant à l'équilibre des hydrates $A, n H^2O$ et $A, m H^2O$. On a

$$[\Pi^n \Pi']_m^n = Z_n,$$
$$[\Pi^m \Pi']_m^n = Z_m;$$

d'où

$$[\Pi]_m^n = \sqrt[n-m]{\frac{Z_n}{Z_m}},$$
$$[\Pi']_m^n = \sqrt[n-m]{\frac{Z_m^n}{Z_n^m}}.$$

Si nous connaissons les tensions de dissociation (et par suite les valeurs de Π correspondantes) des divers hydrates d'un même corps, jusqu'à obtention du corps anhydre, nous pourrons calculer de proche en proche, à une constante près Π'_A (tension d'expansibilité du constituant A pur), les produits d'expansibilité de ces hydrates.

(1) L'écart, εH^2O, dans la composition de l'hydrate est trop faible pour pouvoir être décelé par l'analyse chimique.

Soient $[\Pi]_0^a$, $[\Pi]_a^b$, $[\Pi]_b^c$ les tensions, par rapport à H^2O, correspondant aux équilibres

$$[A, aH^2O - A], \quad [A, bH^2O - A, aH^2O], \quad [A, cH^2O - A, bH^2O].$$

On a

$$Z_a = \Pi'_A[\Pi^a]_0^a,$$
$$Z_b = Z_a[\Pi^{b-a}]_a^b = \Pi'_A[\Pi^a]_0^a[\Pi^{b-a}]_a^b,$$
$$Z_c = Z_b[\Pi^{c-b}]_b^c = \Pi'_A[\Pi^a]_0^a[\Pi^{b-a}]_a^b[\Pi^{c-b}]_b^c.$$

III. Imposons à l'ensemble des hydrates A, nH^2O et A, mH^2O une tension d'expansibilité Π différente de $[\Pi]_m^n$; l'équilibre est impossible : les tensions des hydrates, par rapport à A, sont en effet différentes. On a

$$\frac{\Pi'_n}{\Pi'_m} = \frac{Z_n}{\Pi^n}\frac{\Pi^m}{Z_m} = \left\{\frac{[\Pi]_m^n}{\Pi}\right\}^{n-m}.$$

Suivant que Π est supérieur (ou inférieur) à $[\Pi]_m^n$, Π'_m est plus grand (ou plus petit) que Π'_n, le constituant A *tend* à passer du corps A, mH^2O au corps A, nH^2O (ou en sens inverse); la phase stable par rapport à l'autre est donc l'hydrate supérieur (ou inférieur).

On peut, à partir des produits d'expansibilité des divers hydrates d'un même corps, calculer *a priori* les tensions d'expansibilité (et par suite les tensions de vapeur d'eau) correspondant aux équilibres de ces combinaisons prises deux à deux.

Les limites de stabilité parfaite (par rapport à tous les hydrates) d'un de ces composés seront, d'une part, la plus haute tension parmi celles correspondant aux équilibres avec les hydrates inférieurs, d'autre part, la plus faible tension parmi celles correspondant aux équilibres avec les hydrates supérieurs.

Seuls les équilibres qui correspondent à ces limites sont parfaitement stables; les autres équilibres pourront sans doute être réalisés, mais de façon métastable.

Si la limite correspondant aux équilibres avec les hydrates inférieurs est plus grande que celle qui correspond aux équilibres avec les hydrates supérieurs, la combinaison considérée sera toujours à l'état métastable.

Enfin remarquons que $[\Pi]_l^n$, $[\Pi]_m^n$, $[\Pi]_l^m$ étant les tensions qui correspondent aux équilibres deux à deux des composés $[A, nH^2O]$, $[A, mH^2O]$

et $[A, lH^2O]$, on a la relation

$$[\mathrm{II}]_l^n = \sqrt[n-l]{[\mathrm{II}^{n-m}]_m^n\,[\mathrm{II}^{m-l}]_l^m};$$

l'un au moins de ces équilibres est métastable; il serait, sans doute, intéressant de vérifier expérimentalement cette dernière relation.

CHIMIE. — *Poids moléculaires des acides oxybenzoïques.* Note de M. **Œchsner de Coninck**.

J'ai montré récemment (*Bull. Soc. chim.*, n° du 5 juillet 1914) qu'on pouvait déterminer le poids moléculaire de l'acide salicylique par l'analyse de son sel de cadmium. Ayant obtenu dans un état de grande pureté les salicylates de calcium et d'ammonium, je me suis proposé de reprendre la détermination du même poids moléculaire par leur analyse. Le salicylate de calcium, $\left(C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO^2\\OH\end{matrix}\right.\right)^2 Ca + 2H^2O$, a été dissous dans l'eau tiède et la solution a été traitée par le carbonate de potassium. La chaux a été dosée à l'état de CO^3Ca.

Poids du sel $= 0^g,3300$; poids de $CO^3Ca = 0^g,0943$. Soit $C^7H^5O^3 = x$, on a

$$\frac{0,33}{0,0943} = \frac{(C^7H^5O^3)^2Ca + 2H^2O}{CO^3Ca} = \frac{2x + 40 + 36}{100}.$$

On trouve $x = 136,974$. A ce nombre, il faut ajouter 1, poids de l'atome de H substitué par $\frac{1}{2}$Ca, et l'on obtient pour le poids moléculaire la valeur 137,974, le nombre théorique étant 138.

Le salicylate d'ammonium

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}OH\\CO^2.AzH^4 + \frac{1}{2}H^2O\end{matrix}\right.$$

a été décomposé par une lessive de soude et AzH^3 a été dosé au moyen d'une liqueur titrée d'acide sulfurique. Le poids de AzH^3 a été transformé en AzH^4.

Poids du sel $= 0^g,63$; poids de $AzH^4 = 0^g,06915$. L'équation est

$$\frac{0,63}{0,06915} = \frac{x + 18 + 9}{18}.$$

On trouve

$$x = 136,991 \quad \text{et} \quad \text{P.M.} = 136,991 + 1 = 137,991.$$

Nombre théorique = 138.

Acides méta- et para-oxybenzoïques. — Ces deux acides ont été obtenus par les procédés bien connus de Barth et de Kolbe, et purifiés avec le plus grand soin. Leurs sels d'ammonium ont été préparés, purifiés eux-mêmes, puis traités comme le salicylate correspondant.

Le *m*-oxybenzoate d'ammonium a fourni le P. M. : 137,987.

Le *p*-oxybenzoate d'ammonium a donné le nombre 137,992.

La moyenne générale de ces déterminations est 137,986.

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement vers l'Est du synclinal sénonien du Plan d'Aups (Sainte-Baume).* Note de M. J. **Repelin**, présentée par M. Pierre Termier.

Le synclinal sénonien dont j'ai parlé à diverses reprises dans de précédentes Notes (1) et qui court au nord des escarpements de la Sainte-Baume dans la région occidentale de la chaîne se poursuit bien au delà des limites que semble lui assigner le tracé de la Carte géologique au $\frac{1}{80000}$, feuille d'Aix. Vers l'Ouest il s'enfonce dans la coupure de Saint-Pons où j'ai été le premier à le signaler et où il se poursuit jusqu'au voisinage du contact avec l'Infra-Lias plus loin que la Glacière de Bartagne.

Au delà du col, en allant vers le Nord-Est, le flanc normal du synclinal couché s'étale largement au sud du Plan d'Aups (village). Il montre ses assises supérieures, couches à *Melanopsis* cf. *galloprovincialis* et *Unio* du Valdonnien, aux pieds de l'escarpement rocheux, dans le voisinage de la ferme de Beton. Au-dessus, les couches santoniennes renversées font partie intégrante de la grande falaise.

Cette disposition se poursuit vers l'Est. La zone axiale du synclinal va en se rétrécissant, mais se distingue facilement, soit à la présence de fossiles saumâtres tels que *Glauconia Coquaudi*, *Gl. Renauxi*, *Cardium Itieri*, etc., soit même à l'aspect tout à fait particulier de la roche grisâtre ou jaunâtre, très marneuse, souvent maculée de taches de charbon avec une multitude de débris de fossiles à test blanc. Cet horizon est nettement reconnaissable encore à la Bastide de Saint-Cassian. Il constitue, grâce à sa composition physique, une zone de cultures qui sépare les deux affleurements boisés plutôt arides formés de calcaires à rudistes et de grès ou de

(1) *Comptes rendus*, t. 157, 15 juillet 1913, p. 159; t. 153, 26 décembre 1911; t. 158, 19 janvier 1914.

poudingues plus ou moins durs. On le suit, en passant par la Garnière, jusque dans le cirque de Mazaugues où de nouveau les parties supérieures du flanc normal s'élèvent jusqu'au niveau des assises valdonniennes, tandis que le flanc renversé est parfois réduit à un liséré de calcaire à hippurites apparaissant d'une manière irrégulière sur les bords des escarpements jurassiques qui forment en ce point le front de la grande nappe de la Sainte-Baume.

Il est difficile, dans ces conditions, même en faisant abstraction des accidents minuscules, petits plis secondaires, petites failles si fréquentes, de chercher à établir, comme l'a fait M. Lutaud [1], une série stratigraphique bien régulière dans le Sénonien de Mazaugues. Encore moins faut-il essayer de tirer de cette étude des conclusions comme l'absence du Valdonnien, non seulement près de Mazaugues, mais jusqu'à Camps, alors que cet étage s'y montre parfaitement caractérisé par ses fossiles. D'ailleurs, les Corbicules ne caractérisent pas la zone de séparation du Santonien et du Valdonnien; elles sont surtout spéciales à la partie supérieure du Valdonnien et au Fuvélien.

Le synclinal sénonien peu reconnaissable au nord de la Loube, par suite du débordement de la grande nappe, s'ouvre vers le Caudelon et devient peu à peu régulier au voisinage du grand accident tectonique dans la région de Camps.

GÉOLOGIE. — *L'origine des mounds pétrolifères du Texas et de la Louisiane.* (*Contribution à la recherche de l'origine des pétroles.*) Note de M. **Jean Chautard**, présentée par M. De Launay.

Les *mounds* (tertres) sont de petites buttes coupoliformes, disséminées dans les plaines côtières néogènes du nord du golfe du Mexique. Ces buttes, dont la surface dépasse rarement quelques centaines d'hectares, commandent de quelques mètres la plaine environnante; elles marquent les emplacements de gisements de sel, de soufre et de pétrole, avec prédominance du sel et du soufre sous les mounds du plus haut relief, du pétrole sous les mounds de moindre relief. Le sel et le soufre ont souvent abandonné leurs gisements primitifs pour remplir des vides ou des fissures; le gypse, au contraire, est généralement resté en place.

(1) Lutaud, *Sur le Sénonien de Mazaugues* (*Comptes rendus*, t. 159, 6 juillet 1914).

Presque tous les gisements de pétrole néogène du Texas et de la Louisiane ont été rencontrés par des forages qui, faits au travers des *mounds*, ont permis de se rendre compte de leur infrastructure. Les couches superficielles forment de petits dômes aux sommets parfois démantelés par l'érosion; sous ces couches alternent des niveaux d'argile sableuse, de sables, de soufre, de lignite, etc.; au voisinage de l'axe vertical du mound, les couches sont nettement soulevées au-dessus des niveaux à soufre ou à gypse; au-dessous de ces niveaux, les couches redeviennent horizontales ou inclinées suivant le pendage général, toujours très faible, des terrains de la région; parfois, j'ai observé, immédiatement au-dessous des niveaux à gypse ou à sel, des couches légèrement concaves présentant l'aspect de cuvettes et s'aplatissant vers le bas de la série; latéralement, dès le pourtour des mounds, les couches redeviennent horizontales ou peu inclinées. Les déformations subies par les sédiments à l'emplacement des *mounds* ont donc une allure lenticulaire différant complètement de celle des plis; elles rappellent sensiblement les déformations dues aux laccolithes.

Les mounds ne se présentent pas comme des éléments de plissements à sédiments sensiblement horizontaux. Diverses hypothèses ont été formulées sur leur origine : on les a considérés comme des dépôts de lagunes néogènes établis sur des îlots crétacés, comme des cheminées obturées de sources thermales distribuées sur un réseau de failles, comme des soulèvements provoqués par des laccolithes ou des intrusions éruptives. Ces hypothèses ne permettent pas d'expliquer la structure particulière des mounds; de plus, elles sont en désaccord complet avec les caractères géologiques de la région. Les dépôts des plaines du golfe du Mexique sont des sédiments néogènes lagunaires arénacés et argileux, avec épisodes continentaux et marins correspondant à des régressions ou transgressions, sans apparitions de sédiments crétacés; le réseau de failles suivant lequel a été imaginée la distribution des gisements est hypothétique : les failles de Balcone et de la Red River, auxquelles a été rapporté ce réseau, sont sans relation avec la région des mounds où il n'a pas été observé, jusqu'ici, de véritables fractures tectoniques, et dont elles sont fort éloignées; au surplus, les eaux salées de cette région sont des eaux lagunaires tout à fait différentes des eaux des sources thermominérales : enfin, aucune roche éruptive n'a été rencontrée dans la plaine néogène, soit en surface, soit en profondeur. Sans chercher à généraliser, il est donc certain que, dans la plupart des cas, les *mounds* ont une origine indépendante des actions orogéniques et des venues éruptives.

Les séries sédimentaires des gisements de pétroles néogènes et crétacés du Texas et de la Louisiane ont les caractères communs à tous les complexes pétrolifères ([1]); elles ont aussi de grandes analogies avec les dépôts des lagunes modernes. Toutefois, tandis que les gisements crétacés sont dans des sédiments lagunaires bien consolidés et plissés, les sédiments lagunaires néogènes des mounds sont restés mal consolidés, horizontaux ou peu inclinés; tandis que les complexes crétacés et les dépôts des lagunes en voie d'asséchement renferment des intercalations d'anhydrite, dans les dépôts néogènes des mounds, le gypse remplace cet anhydrite. Lors de l'asséchement des lagunes néogènes, l'anhydrite s'est cependant formée dans les mêmes conditions que lors de l'asséchement des lagunes crétacées ou modernes; elle a été transformée en gypse à l'emplacement des mounds. Or, la transformation par hydratation de l'anhydrite (SO^4Ca) en gypse ($SO^4Ca, 2H^2O$) se fait avec une augmentation de volume d'un tiers qui a pu suffire à modifier l'allure des strates au contact des anciens dépôts d'anhydrite, sans que ces modifications se manifestent latéralement et en profondeur, c'est-à-dire précisément dans les conditions observées dans les mounds.

Dans ces conditions, il est permis de penser que le *processus* de la formation de certains gisements de pétrole des mounds du Texas et de la Louisiane a été le suivant :

1° *Sédimentation* dans une lagune intermittente de *formations halogènes* diverses, de sables, argiles, etc., avec débris organiques ensevelis, et de niveaux d'anhydrite correspondant aux divers asséchements de la lagune;

2° *Décomposition hydrocarbonée* des débris organiques ensevelis dans les sédiments halogènes;

3° *Transformation de l'anhydrite en gypse;* cette transformation avec augmentation de volume provoque la compression des couches au contact des anciens niveaux d'anhydrite, les couches supérieures sont soulevées et donnent naissance aux buttes coupoliformes désignées sous le nom de *mounds;*

4° *Migration des pétroles sous l'influence des compressions exercées sur leurs roches mères;* conformément aux lois qui régissent cette *migration fondamentale*, lois que j'exposerai prochainement et dont la loi anticlinale n'est qu'un cas particulier; ces pétroles peuvent se concentrer, sous des

(1) JEAN CHAUTARD, *Le problème de l'origine des pétroles* (*Revue générale des Sciences*, t. XXV, p. 588-594). Librairie Armand Colin, Paris, 1914.

toits imperméables, soit au voisinage des sommets des mounds, soit, au contraire, en bordure des mounds.

Accessoirement, l'action des hydrocarbures gazeux sur le gypse a donné naissance à des dépôts de soufre, parfois remaniés ultérieurement, mais toujours localisés au-dessus de roches mères de pétroles; de même, la cristallisation du chlorure de sodium des eaux lagunaires fossiles des sédiments halogènes a donné naissance, sous les mounds et à leurs abords, à des gisements de sel; ce sel, comme celui de la plupart des gisements géologiques, renferme des hydrocarbures. Ces deux actions accessoires ont parfois, et à des titres divers, accentué le relief des mounds.

Dans le cas particulier de dépôts d'estuaire, on peut imaginer que la formation de mounds aurait pu dériver d'actions analogues à celles qui donnent actuellement naissance aux « mudlamps » des Bouches du Missisipi [1]; toutefois, dans ce cas spécial, l'allure des sédiments ne correspond pas à l'allure mise en évidence par les forages faits jusqu'ici dans les mounds pétrolifères.

GÉOLOGIE. — *Études sur les formations tertiaires du bassin de la mer de Marmara. Le Vindobonien de la Thrace.* Note [2] de M. **N. Arabu**, transmise par M. Depéret.

J'ai décrit (*Comptes rendus*, 27 décembre 1914) un facies littoral du Vindobonien dans la région des Dardanelles; vers l'Est, par contre, il se présente avec des facies très différents, en général d'eau plus profonde.

Pendant une courte visite de la petite chaîne du Tekir Dagh, sur le littoral nord de la mer de Marmara, visite faite en compagnie de M. Macovei, de l'Institut géologique de Bucarest, ce géologue a été frappé par la grande ressemblance entre les dépôts gréseux, qui forment le versant méridional du Tekir Dagh, et certains facies du Salifère miocène des Carpathes. Ils consistent en une épaisse suite de marnes feuilletées noirâtres, sans fossiles et de grès en bancs, quelquefois de couleur claire, rougeâtre ou blanchâtre; c'est une région de sources salées et pétrolifère comme le

---

(1) E.-W. Shaw, *The mud lamps at the mouths of the Missisipi*, in *U. S. G. S. Professional Paper*, 85, B. Washington, 1913.

(2) Séance du 4 janvier 1915.

Schlier des Carpathes; en outre, ces dépôts présentent des intercalations de tufs volcaniques bleuâtres, probablement dacitiques.

Dans la région que nous avons visitée ensemble, on ne voit pas ses relations avec les dépôts antérieurs; entre les villages Kestamboul et Hora, dans la coupe relevée par M. Macovei ([1]), on voit le Schlier en contact par faille avec le Nummulitique éocène et oligocène, ce dernier représenté par des grès micacés, sans fossiles, très épais; un peu plus à l'Ouest, le Schlier vient s'appuyer sur l'Oligocène.

En dehors de cette superposition et de son facies différent, l'attribution au Néogène, et en partie au moins au Vindobonien de ce Schlier, me semble très probable, vu que M. English mentionne des bancs à *Ostrea crassissima* Lmk., surmontant des grès sans fossiles, au voisinage du village Myriophyto, dans la même région.

Un peu à l'est du village Hora, en suivant le rivage de la mer vers Rodosto, le tracé de la côte se relève vers le nord, offrant une bonne coupe presque transversale de chaîne Tekir Dagh; on voit les grès oligocènes plonger sous une épaisse couverture de marnes et grès verdâtres, devenant brunes par altération, ou de sables à boules de grès; le facies est différent de celui du Schlier; ce sont des dépôts plus meubles, sans intercalation de tufs volcaniques; en outre, à quelques kilomètres à l'ouest de Rodosto, j'ai trouvé, dans un banc de marne sableuse : *Neritina cyrtoscelis* Krauss et *Melanopsis* aff. *Kleini* Kurr.

Les couches plongent vers l'est et dans le bourg même de Rodosto; j'ai trouvé des empreintes de *Mactra*, inséparable de *Mactra Basteroti* May. C'est peu pour une synchronisation exacte; toutefois, les deux premières formes ne dépassent pas le Miocène supérieur, tandis que *Mactra Basteroti* est connue depuis l'Aquitanien jusque dans l'Helvétien; comme elle provient de couches supérieures à celles où se trouvent les deux autres, comme d'autre part ces dernières se distinguent des formes typiques par leurs dimensions moindres, soit un état d'évolution moins avancé, je crois être autorisé à attribuer ces couches au Vindobonien. Il est à remarquer, pourtant, que ces couches fossilifères ne surmontent pas directement les grès oligocènes, mais elles en sont séparées par des grès et marnes bleuâtres sans fossiles, faisant suite à l'Oligocène; il est donc probable, que dans cette masse continue de grès et marnes, sur les deux versants de la chaîne

---

([1]) G. Macovei, *Sur le tremblement de terre de la mer de Marmara* (*Bull. Acad. Roum.*, Sect. Sciences, 1912).

Tekir Dagh, tous les dépôts de passage entre l'Oligocène et le Vindobonien sont représentés sous des facies sans fossiles.

Ces couches se retrouvent dans la région de Tschataldja, où elles reposent en discordance sur l'ancienne klippe cristalline, qui domine la ville au Sud; elles contiennent en mauvaises empreintes les fossiles de Rodosto. Ce sont enfin les mêmes couches qui remplissent tout l'espace compris entre le Dévonien du Bosphore et l'extrémité orientale de la chaîne de Strandcha, espace qui résulte de l'ennoyage local d'une chaîne primitivement continue qui s'étendait le long du bord méridional de la mer Noire jusqu'au loin en Asie Mineure.

Ici, le substratum du Miocène se laisse rarement étudier, mais il est hors de doute que l'Oligocène n'est pas représenté : le Miocène se montre dans ce détroit, transgressif sur des formations diverses : sur le cristallin à Tschataldja, sur le Dévonien plus à l'Est, ou sur les calcaires éocènes, formant plusieurs crêtes parallèles entre Tschataldja et Derkos.

Un fait important est que le Miocène prend un caractère de plus en plus marin à mesure qu'on se rapproche de la mer Noire; sur le rivage même, près de la localité Karabournou, il repose en discordance sur des calcaires éocènes, par l'intermédiaire d'un épais conglomérat de roches anciennes et volcaniques, contenant des Nummulites remaniés; ces couches sont très plissées; dans les marnes qui surmontent le conglomérat, j'ai trouvé : *Ostrea cochlear* Poli var. *navicula* Br., *Ostrea Hœrnesi* Reuss. et *Deutalium* sp., qui permettent de rattacher ces couches encore au Vindobonien; en effet, la même variété d'*Ostrea cochlear* a été trouvée, il est vrai, dans le Burdigalien d'Eggenburg; d'autre part, les deux formes montent jusque dans le Pliocène, mais *Ostrea Hœrnesi* n'a jamais été trouvée plus bas que le Vindobonien (bassin de Vienne); on peut en conclure, vu l'absence bien connue du Pliocène marin autour de la mer Noire, que ces couches ne peuvent représenter que le Vindobonien dont les eaux touchaient, un peu au Nord, le littoral bulgare à Varna et Bourgas et couvraient de grandes étendues dans la région ponto-caspienne.

C'est la première mer qui couvrait, avec un contour en somme peu différent de l'actuel, la région de la mer de Marmara.

Au même étage appartient la formation lignitifère du nord-est de la Thrace; elle prolonge, en effet, les couches de Karabournou vers l'Est, le long du rivage de la mer Noire; cette formation était jusqu'ici considérée comme pléistocène.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la polarisation et le pouvoir absorbant de l'atmosphère.* Note de M. A. **Boutaric**, présentée par M. E. Bouty.

En une précédente Note [1] nous avons établi, par la comparaison des intensités calorifiques reçues aux mêmes heures pour des journées peu éloignées, que le pouvoir absorbant de notre atmosphère pour l'ensemble des radiations solaires varie en sens inverse de la polarisation de la lumière diffusée par le ciel, dans le vertical du Soleil et à 90°.

Nous avons poursuivi nos observations qui s'étendent maintenant sur trois années consécutives, et il nous a paru intéressant de comparer les intensités calorifiques reçues pour des journées appartenant à des années différentes, mais correspondant à un même mois et à des quantièmes voisins.

Voici, résumé en quelques tableaux, le résultat de ces comparaisons. On a indiqué, chaque fois, la valeur de la tension maxima de la vapeur d'eau à 9 heures.

	13 mars 1912 ($h = 6^{cm},4$).		11 mars 1913 ($h = 5^{cm},8$).		12 mars 1914 ($h = 5^{cm},2$).	
$9^{h}24^{m}$....	I = 1,167	P = 0,63	I = 1,018	P = 0,47	I = 1,245	P = 0,67
10.59....	1,299	0,64	1,105	0,44		
13.36....	1,207	0,64	1,064	0,45		

	4 avril 1912 ($h = 3^{cm},7$).		2 avril 1913 ($h = 3^{cm},6$).		31 mars 1914 ($h = 7^{cm},6$).	
9^{h}.......	I = 1,256	P = 0,67	I = 1,034	P $\leqq$ 0,44	I = 1,040	P = 0,53
10.......	1,330	0,66	1,130	»	1,123	»
11.......	1,372	0,64	1,172	»	1,168	0,52
13.......	1,345	»	1,168	»	1,170	0,52
14.......	1,276	0,57	1,124	0,44	1,124	0,52
15.......	1,168	»	1,010	0,44	1,028	0,57
16.......	0,997	0,57	0,838	»		

	14 avril 1912 ($h = 5^{cm},3$).		14 avril 1913 ($h = 3^{cm},9$).	
$8^{h}40^{m}$....	I = 1,201	P = 0,59	I = 1,135	P = 0,49
10.22....	1,312	»	1,264	»
12. 0....	1,326	»	1,290	»
15.42....	1,148	0,62	1,056	0,50

(1) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1289.

	17 mai 1912 ($h = 6^{cm},8$).		21 mai 1913 ($h = 9^{cm},1$).	
9^{h}.......	I = 1,295	P = 0,59	I = 1,132	P = 0,485
11.......	1,352	»	1,208	»
16.......	1,156	0,66	1,056	0,485

	21 mai 1913 ($h = 9^{cm},1$).		22 mai 1914 (($h = 11^{cm},5$).	
$8^{h}50^{m}$....	I = 1,115	P = 0,48	I = 1,087	P = 0,57
10.44....	1,204	»	1,213	0,53
11.34....	1,212	»	1,245	0,59
14.40....	1,152	»	1,206	0,59

	15 juin 1912 ($h = 12^{cm},9$).		13-14 juin 1913 ($h = 14^{cm},6$).	
9^{h}.......	I = 1,230	P = 0,61	I = 1,198	P = 0,56
13.......	1,327	»	1,254	»
15.......	1,254	0,595	1,192	0,56
17.......	1,106	0,68	1,028	

	18 juin 1912 ($h = 12^{cm},4$).		17 juin 1913 ($h = 17^{cm},6$).	
9^{h}.......	I = 1,246	P = 0,67	I = 1,004	P = 0,45
13.......	1,348	»	1,094	»
15.......	1,246	0,63	0,950	0,39

	26 nov. 1912 ($h = 4^{cm},45$).		26 nov. 1913 ($h = 5^{cm},8$).	
$9^{h}\ 2^{m}$....	I = 0,615	P = 0,46	I = 0,751	P = 0,60
10.19....	0,827	0,42	0,990	0,55
12. 0....	0,687	0,32	1,038	0,60
14. 4....	0,827	0,45	0,924	0,57

	4 déc. 1912 ($h = 3^{cm},9$).		1er déc. 1913 ($h = 5^{cm},2$).	
$9^{h}19^{m}$....	I = 0,708	P = 0,49	I = 0,812	P = 0,60
10.15....	0,779	0,46	0,942	»
12.17....	0,952	0,515	0,998	0,55
14.19....	0,827	0,545	0,790	0,56

	8 déc. 1911 ($h = 6^{cm},8$).		7 déc. 1912 ($h = 3^{cm},05$).		8 déc. 1913 ($h = 4^{cm},05$).	
10^{h}.......	I = 1,086	»	I = 0,740	P = 0,46	I = 0,984	P = 0,60
11.......	1,112	P = 0,67	0,856	0,46	1,074	0,62
13.......	1,080	»	0,876	»	1,072	»
14.......	0,984	»	0,776	0,46	0,974	»

Les valeurs des intensités s'échelonnent dans l'ordre des polarisations. Il

n'y a exception que pour les mesures du 31 mars 1914 et celles du 2 avril 1913; la courbe du 31 mars coïncide presque avec celle du 2 avril bien que la polarisation du 31 mars (0,53) soit nettement supérieure à celle du 2 avril (0,44). Il faut d'ailleurs remarquer que la tension de la vapeur d'eau du 31 mars ($7^{cm},6$) est double de la tension de vapeur du 2 avril (3,6); l'accroissement de transparence que traduit une valeur plus forte de la polarisation est compensé par l'augmentation du pouvoir absorbant qui résulte de la présence d'une quantité plus considérable de vapeur d'eau. Dans tous les autres cas examinés, de faibles différences dans les tensions de vapeur n'ont aucune influence sensible et l'intensité dépend uniquement de la polarisation.

Conclusion. — K. Angström indiquait ([1]) que le pouvoir absorbant de l'atmosphère doit dépendre à la fois de la diffusion et de la quantité de gaz absorbants (principalement de vapeur d'eau) qu'elle renferme.

Nos observations confirment ce point de vue et montrent que le facteur principal pour l'étude du pouvoir absorbant appartient à la diffusion.

En une station déterminée, il suffirait de faire, pendant quelques années, des déterminations suivies de l'intensité calorifique, de la polarisation et de l'état hygrométrique pour pouvoir ensuite, par des mesures de polarisation et de tension de vapeur — et, le plus souvent, par une simple observation polarimétrique — *prévoir* la valeur de l'intensité calorifique reçue aux différentes heures d'une journée quelconque. On pourrait même espérer établir une formule donnant la valeur de l'intensité en fonction de la masse atmosphérique traversée, de la polarisation et de la tension de vapeur.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le tormentol, principe extrait de* Potentilla Tormentilla *Neck.* Note de MM. **A. Goris** et **Ch. Vischniac**, présentée par M. Guignard.

Au cours de nos recherches sur la composition chimique des racines de la Tormentille (*Potentilla Tormentilla* Neck.) nous avons obtenu un produit nouveau que nous désignons sous le nom de *tormentol*.

([1]) *Nova Acta Regiæ Societatis Scientiarum Upsaliensis*, 4e série, t. I, fasc. 2; 1906-1907.

Le tormentol cristallise en fines aiguilles rayonnant autour d'un centre. Il fond à 227°-228°. C'est un produit saturé, neutre, non azoté; il est à la fois alcool et éther-sel, mais ne renferme pas de groupe cétonique. La combustion et la cryoscopie conduisent à la formule $C^{33}H^{50}O^{10}$ pour le produit anhydre. Il cristallise avec 5^{mol} d'eau qu'il perd lentement dans le vide sec, plus facilement à 100°; mais, à cette température, il paraît déjà subir une certaine transformation, comme on le verra plus loin. Il est optiquement actif : dans l'alcool à 90° $[\alpha]_D = +10°,78$. Ses propriétés optiques présentent certaines particularités sur lesquelles nous reviendrons.

On peut obtenir le tormentol indifféremment à partir des racines fraîches ou des racines sèches, car il ne disparaît pas pendant la dessiccation. Pour l'extraire, on commence par humecter la poudre sèche des racines par l'acétate basique de plomb dilué de son volume d'eau, de manière à insolubiliser la majeure partie des produits acides et la matière colorante rouge. La masse, qui reste pulvérulente, est épuisée ensuite à trois reprises avec de l'acétone bouillant. On filtre les solutions acétoniques, on les concentre et on les laisse refroidir. Il se sépare un abondant précipité de combinaisons plombiques partiellement solubles à chaud, accompagnées d'une huile jaune, qui gêne particulièrement la purification du tormentol. On décante l'acétone et l'on précipite le liquide par un grand excès d'eau. Le précipité est essoré à la trompe et redissous dans l'alcool à 90° froid. La solution est encore très colorée. On la purifie par l'acétate de plomb, on filtre, on élimine l'excès de plomb par l'acide sulfurique à 10 pour 100, on filtre de nouveau et l'on concentre le liquide au bain-marie sous pression fortement réduite. On arrête la distillation au moment où se forme dans le ballon un abondant précipité; on filtre après refroidissement et l'on fait recristalliser le tormentol dans l'alcool dilué.

Le tormentol est très soluble dans l'alcool, l'alcool méthylique, l'acétone, soluble dans l'acide acétique à 50 pour 100, insoluble dans l'eau, l'éther, la benzine, le chloroforme. Il cristallise avec 5^{mol} d'eau qu'il perd après un séjour de 8 à 10 heures à 100°; il prend alors une teinte ambrée et devient incristallisable.

Maintenu pendant 5 à 6 jours dans le vide sur l'acide sulfurique, il perd également son eau de cristallisation, mais ne change pas de couleur.

Eau de cristallisation.

	Substance.	Perte à 100°.	Perte en pour 100.	Moyenne pour 100.
	g	g		
1°	2,418	0,290	11,99	
2°	1,3375	0,1705	12,74	12,64
3°	0,401	0,053	13,21	
Calculé pour $C^{33}H^{50}O^{10}, 5H^2O$			12,93 pour 100	

Le pouvoir rotatoire du tormentol hydraté varie avec le solvant. Ainsi, dans l'alcool

à 90°, $[\alpha]_D = +9°,41$, soit $+10°,78$ en calculant pour le produit anhydre ($l=2$; $p=1,106$; $V=25$; $\alpha=+0°,50'$); mais il est sensiblement double dans l'acide acétique concentré : $[\alpha]_D = +20°,77$ ($l=2$; $p=0,401$; $V=20$; $\alpha=+0°50'$).

Lorsqu'on sèche le produit à 100° jusqu'à poids constant, son pouvoir rotatoire devient triple, aussi bien dans l'alcool que dans l'acide acétique.

Dans l'alcool à 90° : $[\alpha]_D = +32°,13$ ($l=2$; $p=1,167$; $V=25$; $\alpha=+3°0'$).

Dans l'acide acétique concentré : $[\alpha]_D = +33°,03$ ($l=2$; $p=0,353$; $V=25$; $\alpha=+0°56'$).

Le produit paraît donc subir une certaine transformation pendant la dessiccation à 100°. La même transformation, mais à un degré plus faible, se produit déjà, à froid, au sein de l'acide acétique concentré, car une solution du produit hydraté dans cet acide accuse un pouvoir rotatoire intermédiaire entre celui du produit anhydre et celui du produit hydraté.

La combustion et la cryoscopie du tormentol anhydre conduisent à la formule $C^{33}H^{50}O^{10}$.

Combustion.

1° Substance, 0g,330; CO^2, 0g,7895; H^2O, 0g,2432; soit C, 65,24 pour 100; H, 8,18 pour 100.

2° Substance, 0g,2802; CO^2, 0g,670; H^2O, 0g,207; soit C, 65,21 pour 100; H, 8,208 pour 100.

	Moyenne.	Calculé pour $C^{33}H^{50}O^{10}$.
C pour 100	65,225	65,34
H »	8,194	8,25
O »	26,581	26,41

La cryoscopie faite dans l'acide acétique donne M = 613.

(Substance 4g,5275; acide acétique 47g,164; $\Delta = 0°,61$) calculé pour $C^{33}H^{50}O^{10}$, M = 606.

Mais les expériences faites sur le pouvoir rotatoire nous imposent certaines réserves quant à la grandeur moléculaire du tormentol. Le produit peut subir, sous l'influence de l'acide acétique : soit une déshydratation dans le corps même de la molécule, soit une polymérisation. L'ébullioscopie dans l'alcool absolu, que nous avons essayé d'appliquer pour cette détermination, ne donne rien de net. Le produit paraît se polymériser pendant l'ébullition et l'élévation primitive du point d'ébullition diminue constamment. D'ailleurs, le pouvoir rotatoire de la solution a également presque doublé pendant l'expérience.

La grandeur moléculaire du tormentol n'est donc pas encore déterminée avec certitude.

Les expériences suivantes nous ont permis d'établir certaines fonctions chimiques du tormentol.

En le *saponifiant* par la potasse alcoolique, on obtient un acide et un alcool. Les deux produits sont solubles dans les solvants organiques usuels (par quoi ils se distinguent du tormentol); l'acide, en outre, se dissout facilement dans les carbonates alcalins et l'ammoniaque. Ils fondent à une température beaucoup plus élevée que le produit primitif : l'acide vers 280° et l'alcool vers 310°. Comme on n'a pu les obtenir à l'état cristallisé, leur étude n'a pas été terminée.

Le tormentol est *éthérifié* facilement, dans les conditions habituelles, par les anhydrides organiques. On a obtenu ainsi des acétates, propionates et benzoates, mais il paraît se former simultanément un mélange de produits plus ou moins éthérifiés dont la séparation n'a pas encore fourni de résultats satisfaisants. L'existence d'une fonction alcool dans le tormentol est donc certaine.

Par contre, les réactifs des cétones sont sans action sur le produit.

Il existe donc, dans les racines de Tormentille (*Potentilla Tormentilla* Neck.) fraîches ou sèches, un principe : le tormentol, inconnu jusqu'ici et que nous avons pu isoler à l'état cristallisé. Si sa constitution chimique n'a pu être complètement élucidée, du moins est-il, après nos recherches, hors de doute que ce produit, dont nous avons donné la formule et les propriétés, est à la fois éther-sel et alcool. Nous espérons pouvoir compléter plus tard l'étude de ce composé.

HYGIÈNE. — *Nouveau dispositif pour la désinfection des effets d'habillement.* Note de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

La désinfection des objets d'habillement est une opération qu'il n'est pas toujours facile de réaliser d'une manière satisfaisante; le problème se complique singulièrement lorsqu'il s'agit de désinfecter dans un temps très court des objets très souillés.

On a trop confondu, jusqu'ici, désinfection et stérilisation, et l'on en est arrivé à exiger, pour l'acceptation officielle des appareils, des conditions si difficiles à réaliser, que les constructeurs n'ont pu s'en approcher qu'en

établissant des machines compliquées et coûteuses, nécessitant pour être maniées la présence d'ouvriers spéciaux.

On ne peut donc s'étonner des résistances rencontrées par les hygiénistes de la part de certaines municipalités lorsqu'il s'est agi de faire entrer dans la pratique courante ce principe fondamental de la prophylaxie des maladies contagieuses. Pourtant, comme le disait Duclaux, le meilleur procédé de désinfection doit être le plus simple, le plus efficace, le moins coûteux.... Nous étant trouvé dans la nécessité de pratiquer la désinfection rapide d'effets militaires, nous avons songé à tirer parti des éléments que nous avions à notre portée. La chaleur est certainement l'agent de désinfection par excellence. Pouvoir placer les vêtements à épurer dans des récipients maniables, peu coûteux d'achat et les porter rapidement à la température convenable, voilà à quoi il faudrait tendre.

Le récipient que nous avons employé est le tonneau ordinaire de 228^l. La partie supérieure du tonneau enlevée, on enroule en spirale, à l'intérieur du fût, un tuyau de plomb dit de 20/24 qui sert pour les canalisations de gaz.

Ces spires sont maintenues à l'intérieur du fût par des morceaux de feuillard; on a soin, en outre, de fixer le tuyau de plomb à $1^{cm},5$ de la paroi de bois.

On établira ainsi un nombre de spires suffisant pour que la surface totale de chauffe soit de $1^m,10$ à $1^m,20$; d'autre part, à l'avant-dernière spire, en comptant de haut en bas et à l'opposé l'un de l'autre par rapport au diamètre du tonneau, on percera sur la face du tuyau de plomb deux trous de $0^{mm},5$.

La vapeur d'un générateur quelconque pénétrera par la partie supérieure de la canalisation et en sortira par un orifice très petit à l'extrémité inférieure du tuyau de plomb.

Le remplissage du tonneau se fait ainsi : on prend un rondin de 6^{cm} à 8^{cm} de diamètre et de la hauteur du fût. Autour de cet axe placé au centre de l'appareil, sont disposés les vêtements; une fois le tonneau rempli, le mandrin de bois est retiré, laissant un espace vide au milieu des effets à désinfecter. On ferme le tonneau en plaçant une couverture ou une pièce de vêtement à sa partie supérieure et en le recouvrant par le couvercle du tonneau enlevé tout d'abord et dont on fixe les planches par deux tringles.

Si nous faisons passer maintenant dans une unité ainsi disposée un courant de vapeur à la pression de 3^{kg}, on obtiendra en moins de 35 minutes la température de 105° à 108°.

En soudant, de chaque côté de la conduite d'arrivée de vapeur, des conduites secondaires, on pourra avec un générateur de 10 chevaux, vaporisant 200^{kg} de vapeur à l'heure, alimenter une double rangée de 25 tonneaux, car chaque récipient ne consomme que $3^{kg},5$ à 4^{kg} de vapeur à l'heure.

Les expériences que nous avons faites à la maison départementale de

Nanterre nous ont montré qu'on pouvait désinfecter les effets d'habillement de 10 hommes ou 13 grandes couvertures par tonneau, ce qui fait qu'avec le dispositif ci-dessus on peut désinfecter *les vêtements de* 500 *hommes à l'heure.*

Enfin on peut aménager, dans une batterie ainsi comprise, quelques unités munies d'un petit nombre de tours de spires et sans orifices intérieurs pour que la température soit moins élevée, mais néanmoins suffisante pour désinfecter, avec l'aide de l'aldéhyde formique, des objets qui seraient dégradés par une température plus élevée, ou tuer des parasites humains en associant les effets de la benzine à ceux de la chaleur. On conçoit, sans qu'il soit nécessaire d'insister, combien ce dispositif est susceptible de rendre des services dans les grandes agglomérations hospitalières.

CHIRURGIE. — *Sur la possibilité d'entraînement de phosphore dans les plaies produites par les projectiles d'artillerie allemands.* Note de M. **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

On a signalé de divers côtés que les plaies produites par les projectiles d'artillerie (éclats d'obus et shrapnells) sont très souvent infectées et qu'elles guérissent très lentement. La nocivité de ces blessures est attribuée, d'une part, à l'entraînement de débris de terre par les éclats d'obus; d'autre part, à la faible vitesse que possèdent ces projectiles au moment de la blessure (par exemple pour les balles de shrapnells environ 100^{m} par seconde), de sorte que les tissus sont fortement déchiquetés et que le projectile entraîne des débris de vêtements à l'intérieur de la plaie.

Nous croyons qu'il est important d'attirer l'attention du corps de santé sur l'existence d'un troisième facteur qui pourrait peut-être expliquer, dans un grand nombre de cas, la nocivité des plaies produites par les éclats d'obus et les shrapnells, en particulier les cas de guérison extrêmement lente, les nécroses des tissus et surtout des os.

M. G. Urbain, ayant eu l'occasion d'examiner une série d'obus allemands non tirés, nous a signalé que *les obus strictement explosifs du* 77 *et les obus à shrapnells contiennent pour la plupart une grande quantité d'une poudre brun violacé, sentant fortement le phosphore blanc, et dont les*

97 *pour* 100 *sont constitués par un mélange des diverses variétés de phosphore*, la variété rouge étant celle qui prédomine de beaucoup.

Dans les obus strictement explosifs, le phosphore est contenu à l'intérieur d'une boîte cylindrique de 25^{mm} de diamètre et de 60^{mm} de hauteur placée dans une cavité ménagée à l'arrière dans le comprimé explosif.

Dans les obus à shrapnells, les balles sont placées dans une boîte cylindrique en métal blanc de 65^{mm} de diamètre, et les interstices de ces balles sont remplis par la poudre brun violacé contenant 97 pour 100 de phosphore. Le tout est très fortement tassé, il en résulte que les balles qui présentent des irrégularités et des rugosités nombreuses retiennent fortement adhérente une certaine quantité de phosphore.

Par conséquent, *les éclats d'obus allemands et les balles de shrapnells peuvent entraîner dans la plaie une quantité plus ou moins grande de phosphore.*

L'attention des chirurgiens doit être particulièrement attirée sur ce point; le phosphore peut produire une mortification des tissus au contact même de la balle de shrapnell, les microbes, surtout les anaérobies, qui produisent le tétanos et la gangrène gazeuse, trouvent ainsi un terrain propice à leur développement et la plaie peut devenir grave. On devra donc débrider largement et nettoyer avec le plus grand soin les plaies produites par les shrapnells et les éclats d'obus.

ENTOMOLOGIE. — *Sur une Tachinaire parasite à stade intracuticulaire.* Note [1] de M. **William-R. Thompson**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Un jour de l'été, il y a deux ans, en me promenant aux environs de l'Université Cornell, à Ithaca (N.-Y.), j'ai ramassé sur quelques buissons de *Hamemalis Virginiana*, des chenilles du groupe des Noctuelles qui semblaient matures. En les examinant à la loupe j'ai constaté sur elles la présence d'un certain nombre de larves (au premier stade) d'une Tachinaire du groupe des Echinomyiinæ [2] : on les voyait parfaitement par transparence à travers la cuticule de l'hôte (*fig.* 1). J'ai d'abord supposé

(1) Séance du 4 janvier 1915.

(2) Je considère comme probable que cette mouche appartient au genre *Epalpus*.

que ces larves se trouvaient immédiatement au-dessous de l'hypoderme, mais une dissection soignée a prouvé qu'elles se trouvaient en réalité, sans exception, entre deux assises de la cuticule de l'hôte, la face dorsale étant constamment dirigée vers l'extérieur.

Dans les coupes de la partie de la peau de l'hôte qui entoure le parasite, on s'aperçoit que celui-ci n'a aucune communication libre, soit avec

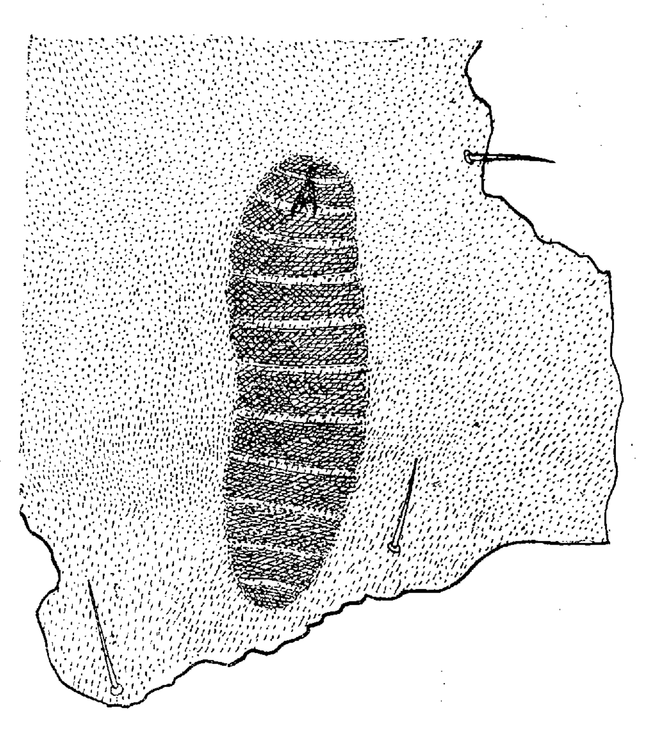


Fig. 1. — Larve de la Tachinaire intracuticulaire, vue par transparence dans un morceau de la peau de l'hôte. × 100.

l'extérieur, soit avec l'hæmocœle de l'hôte. Une ligne nette, quelquefois imprégnée d'un pigment noirâtre, et conduisant à la surface de la peau, marque l'accolement ultérieur des assises cuticulaires après la pénétration de la larve qui se trouve parfois à un point assez éloigné de l'endroit par où elle a pénétré.

Quelques larves que j'ai extraites de leur retraite dans la cuticule étaient vivantes, et les coupes de plusieurs autres montrent leurs tissus en bon état. Je crois donc pouvoir conclure que le stade intracuticulaire est une phase

normale et caractéristique du cycle de cette Tachinaire. Les observations que j'ai pu faire m'ont porté à croire que le parasite passe l'hiver ainsi installé dans la cuticule de la chenille endormie; mais ce point reste encore à vérifier.

Comme je l'ai déjà dit, cette larve appartient au groupe des Tachinaires Echinomyiines, caractérisé, comme Townsend et Pantel l'ont montré, par une adaptation à une phase de vie libre, antérieure à l'installation dans l'hôte. Comme les autres larves primaires du groupe, le parasite intracuticulaire présente sur les faces dorsales et latérales des ponctuations cuticulaires saillantes, groupées en îlots. La figure 2, ci-dessous, indiquera suffisamment la nature de l'armature cuticulaire dans cette espèce.

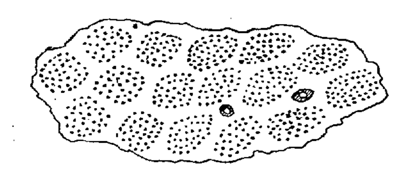


Fig. 2. — Partie de la peau de la face dorsale de la larve intracuticulaire. × 600.

Dans un travail ultérieur je traiterai plus à fond les questions relatives à la biologie et à l'anatomie de cette Tachinaire. Pour le moment, je ne signalerai en outre que quelques points intéressants de l'anatomie.

Chez la larve intracuticulaire, les organes sensoriels de la peau sont parfaitement constants et susceptibles d'être utilisés dans une étude taxonomique. En se servant de ces organes comme critérium morphologique, on arrive à définir exactement sur les divers segments (à l'exclusion de la tête et du dernier segment) les régions tergales, pleurales et sternales qu'on distingue sur le corps d'un Insecte moins spécialisé. D'autre part, on peut nettement séparer une région thoracique de trois segments et une région abdominale de huit, dont les sept premiers ont une formule constante et identique. L'étude de la formule sensorielle ne confirme pas la thèse de la duplicité du premier segment post-céphalique, basée par Hewitt sur l'étude de la musculaire.

L'organe pleural de Keilin, que je n'ai pas encore trouvé chez les stades primaires des Tachinaires sans phase larvaire libre, est ici bien développé; et il est constitué par trois soies minuscules placées sur une petite élévation de la cuticule. D'arrière en avant on remarque un cheminement pro-

gressif absolu de ces organes de la ligne pleuro-sternale, vers la ligne médio-ventrale.

En ce qui concerne l'anatomie interne, je ne retiens ici que la présence d'une valvule œsophagienne de forme assez typique, la dilatation de la partie terminale de l'intestin moyen de façon à former une sorte d'estomac (et qui paraît être le reste d'une dilatation plus considérable chez l'embryon) et, enfin, l'existence, dans tous les segments ou presque tous, d'une paire d'organes chordotonaux.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JANVIER 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination précise de la collimation des lunettes méridiennes non retournables*. Note de M. **Maurice Hamy**.

La mesure de la collimation d'une lunette méridienne nécessite la connaissance de la lecture V_0 du tambour micrométrique, lorsque le fil mobile passe par la trace, sur le plan du micromètre, de l'axe optique perpendiculaire à l'axe de rotation de l'instrument. Quand la lunette est retournable, cette constante se détermine en pointant l'image d'une mire, avec le fil mobile, avant et après retournement, et en notant les divisions du tambour en coïncidence avec l'index. La moyenne des deux observations fournit V_0.

L'opération est moins simple quand on a affaire à un instrument qui ne se retourne pas. On se sert alors de deux collimateurs A et B, disposés horizontalement, l'un au nord, l'autre au sud de la lunette, après avoir amené au parallélisme leurs axes optiques. La moyenne des pointés exécutés successivement sur les images des croisées de fils, placées aux foyers de ces appareils, donne V_0. Le réglage des axes optiques s'obtient d'ailleurs en observant, avec le collimateur A, l'image de la croisée appartenant au collimateur B et en superposant cette image à la croisée du collimateur A.

L'ouverture utile des collimateurs employés, dans les applications de cette méthode, est toujours notablement inférieure à celle de la lunette, parce que les visées s'effectuent à travers des fenêtres percées dans les faces du cube central de l'instrument, fenêtres dont le diamètre est nécessairement assez restreint, vu le peu d'espace libre à l'intérieur du cube. Or il peut

arriver, dans la pratique, que les points nodaux et le centre optique d'un objectif, déclaré excellent, aient des positions un peu différentes suivant que l'on utilise sa surface entière ou seulement sa partie centrale. Cette singularité doit même être regardée comme la règle et non l'exception, à cause des défauts des surfaces et parce que l'homogénéité des milieux transparents, dans lesquels sont taillées les lentilles dont la réunion forme un objectif corrigé des aberrations chromatiques et de sphéricité, cette homogénéité, dis-je, n'est pas rigoureusement parfaite, dans la plupart des cas. En conséquence, il est à craindre, dans les applications, que le V_0 fourni par la méthode des collimateurs ne soit affecté d'une erreur systématique ([1]). En fait, dans certains observatoires, on a constaté que la valeur obtenue, pour cette constante, est fonction de l'ouverture des collimateurs servant à la déterminer.

On peut éviter la difficulté signalée, en employant deux miroirs plans parallèles, de diamètres au moins égaux à celui de l'objectif de l'instrument, disposés à peu près verticalement, l'un au nord, l'autre au sud de la lunette, perpendiculairement au méridien, de telle sorte qu'on puisse exécuter, sur chacun de ces miroirs, l'autocollimation du fil mobile. On reconnaît facilement que le V_0 a pour valeur la moyenne des lectures du tambour micrométrique correspondant aux deux autocollimations du fil.

L'art réalise les miroirs plans, de diamètres inférieurs à $0^m,30$, avec une perfection pratiquement absolue, grâce aux procédés de vérification interférentiels qui permettent de déceler et de corriger les moindres défectuosités de surface. Aussi la méthode des miroirs permet-elle de déterminer V_0 avec la précision que comporte l'observation du nadir, à condition de réaliser exactement le parallélisme des deux plans.

Or ce réglage est facile à exécuter comme il suit: on argente un des plans P_1 à fond, le second P_2 étant recouvert d'une couche réfléchissante transparente de pouvoir réflecteur 0,8 environ. On dirige sur ce second plan P_2, à travers le verre, les rayons émanant d'un petit collimateur, de quelques centimètres d'ouverture, au foyer duquel se trouve un petit trou, éclairé latéralement par l'intermédiaire d'un prisme à réflexion totale. Cet appareil doit être orienté, à peu près normalement au plan P_2, de façon que l'image du trou, réfléchie par ce miroir, soit visible avec un oculaire

---

([1]) La même remarque est à faire à l'égard du V_0 obtenu, pour une lunette retournable, lorsque cette constante est déterminée en faisant emploi d'une mire dont l'objectif a un diamètre moindre que celui de l'instrument.

dans le plan focal du collimateur. Lorsque le miroir P_1 est rendu approximativement parallèle à l'autre, on aperçoit dans l'oculaire, non pas une seule image, mais une série d'images, dues aux réflexions multiples se produisant entre les deux surfaces argentées. Toutes ces images sont exactement rangées en ligne droite, de direction parallèle à un plan perpendiculaire à l'intersection des deux miroirs; leur distance angulaire est d'ailleurs égale au double de l'angle des miroirs.

Lorsque les images viennent se confondre en une seule, les surfaces réfléchissantes sont parallèles. On réalise donc leur parallélisme expérimentalement, en agissant sur les réglages des montures, jusqu'à ce que la superposition de toutes les images se produise.

Mais, au lieu d'amener les plans argentés au parallélisme rigoureux, on peut se borner à obtenir un parallélisme approché, pourvu que leur intersection soit horizontale. Pratiquement, on manipulera les organes de petits mouvements de la monture du miroir P_2, jusqu'à ce que les images arrivent presque à se confondre, en s'arrangeant de façon que la traînée lumineuse formée par les images réfléchies d'ordre élevé, sur le point de se confondre, soit verticale.

En opérant de la sorte, un collimateur de 5^{cm} à 6^{cm} d'ouverture serait suffisant pour régler l'orientation relative des miroirs. Cette ouverture est d'ailleurs bien inférieure à la largeur des portes pratiquées dans le cube des lunettes méridiennes pour effectuer les visées.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces telles que le lieu des centres des sphères osculatrices aux lignes de courbure d'une série soit un paraboloïde de révolution.* Note de M. **Guichard**.

Si l'on écrit l'équation de la surface cherchée sous la forme

$$z = f(x, y)$$

et si l'on calcule les coordonnées du centre de la sphère osculatrice à l'une des lignes de courbure en un point de la surface, on trouve que ces coordonnées s'expriment à l'aide de x, y, z et des dérivées partielles de z par rapport à x et y jusqu'à l'ordre quatre. En écrivant que ce centre se trouve sur le paraboloïde donné on obtient une équation aux dérivées partielles du quatrième ordre. Il est facile de trouver l'intégrale générale de cette équation. Traçons sur le paraboloïde une courbe quelconque (C) et consi-

dérons un système simplement infini de sphères (S) dont les centres décrivent la courbe (C). Déterminons, ensuite, les surfaces Σ, telles que les lignes de courbure d'un système soient sphériques, les sphères qui contiennent ces lignes étant les sphères du système (S). Il est clair qu'à chaque surface E correspond une solution de l'équation aux dérivées partielles. Cette solution renferme bien quatre fonctions arbitraires d'une variable, savoir : une fonction arbitraire pour déterminer la courbe (C) sur le paraboloïde, une seconde pour définir la famille de sphères (S); enfin on sait que, si la série de sphères (S) est donnée, la détermination des surfaces correspondantes Σ introduit deux fonctions arbitraires d'une variable. Au point de vue du problème de géométrie qui a été posé, *cette solution n'offre aucun intérêt*. Ce qu'il importe d'obtenir ce sont des solutions telles que le centre des sphères osculatrices considérées décrive le paraboloïde et non une courbe tracée sur le paraboloïde. Je vais montrer que ce problème se ramène au *troisième ordre*. Il y a là un fait analogue à celui que M. Darboux a signalé, relativement à la surface des centres de courbure, dans sa théorie des solutions singulières des équations aux dérivées partielles.

Je rappelle les notations que j'emploie pour les surfaces rapportées à leurs lignes de courbure. Je désigne par M le point qui décrit la surface, par u et v les paramètres des lignes de courbure; quand u varie seul, le point M décrit la *première série* de lignes de courbure; quand v varie seul, il décrit la *seconde série*. Je désigne par MR la tangente à la première série; par R le second foyer de la congruence MR; par R_1, R_2, ... les réseaux qui se déduisent de R par l'application de la méthode de Laplace; par S, S_1, S_2, ... les points analogues pour la seconde série. Quand u varie seul, la normale à la surface touche son enveloppe en un point C qui est le *premier centre de courbure;* je désigne par C_1, C_2, ... les réseaux déduits de C par la méthode de Laplace (en allant de v vers u); je désigne par D le *second centre de courbure;* par D_1, D_2, D_3, ... les réseaux déduits de D par la méthode de Laplace (en allant de v vers u).

On sait que la droite CC_1 passe par S; d'une manière générale $C_k C_{k+1}$ passe par S_k ou $D_k D_{k+1}$ par R_k. Au point de vue de la loi d'orthogonalité des éléments, la congruence MR correspond au réseau C; d'une manière générale $R_{k-1} R_k$ correspond au réseau C_k ou $S_{k-1} S_k$ au réseau D_k; de même CC_1 correspond au réseau R, d'une manière générale $C_k C_{k+1}$ correspond au réseau R_k et $D_k D_{k+1}$ au réseau S_k.

Le point C_1 est le centre de la sphère osculatrice en M à la première

ligne de courbure. Je suppose que C_1 soit situé sur un paraboloïde de révolution et je projette la figure sur un plan perpendiculaire à l'axe du paraboloïde, plan que je suppose horizontal. Les points C_1, C, D se projettent en c_1, c, d. Le réseau plan c_1, étant la projection d'un réseau du paraboloïde, est un réseau orthogonal, et la congruence cd qui s'en déduit est la projection d'une congruence de normales. Inversement, je suppose qu'on ait un réseau plan orthogonal c_1, et que la congruence cd qui s'en déduit soit la projection d'une congruence de normales. On voit qu'elle le sera d'une infinité de manières. Soient (C) l'une de ces congruences de normales, C' et D' ses deux foyers qui se projettent en c et d. L'autre tangente du réseau C' se projette suivant cc_1, et son second foyer C'_1 en c_1. La projection du réseau C'_1 étant un réseau orthogonal, ce réseau est parallèle à un réseau C_1 du paraboloïde.

D'après la loi de parallélisme des éléments, C_1 sera un réseau lieu des centres des sphères osculatrices à la première série de lignes de courbure d'une surface. On est donc ramené au problème de géométrie plane suivant :

Trouver un réseau plan orthogonal (c_1), *tel que la congruence cd qui s'en déduit de la façon indiquée soit la projection d'une congruence de normales.*

Ce résultat suffit pour donner l'équation du problème; mais il vaut mieux, pour bien voir les propriétés de ces systèmes, prendre leur image dans l'espace à quatre dimensions. A un réseau orthogonal (c_1) correspond une congruence I; à une congruence telle que cd correspond un réseau 4. On est donc ramené aux systèmes (l, I') ou (o, I') signalés dans mon Mémoire *Sur les systèmes orthogonaux et les systèmes cycliques* (*Ann. Éc. Norm.*, 1903, n° 88).

Soit alors P un point qui décrit un réseau O dans l'espace à quatre dimensions; P_1, P_2, ... les réseaux déduits de P par l'application de la méthode de Laplace. Il faut exprimer que la congruence $P_1 P_2$ est une congruence I. Je désigne par :

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \xi_4 \\ \eta_1 & \eta_2 & \eta_3 & \eta_4 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal qui correspond au réseau P. On voit facilement que si la congruence $P_1 P_2$ est I, on a entre les rotations la relation

$$a^2 + e^2 + m^2 = 0,$$

d'où l'on déduit

$$ab + ef + \frac{\partial m}{\partial v} = 0$$

et par suite

$$\frac{\partial n}{\partial u} = 0;$$

n est donc une fonction de v; par un choix convenable de la variable v on peut supposer n égal à une constante $\frac{1}{\omega}$. J'écris ainsi le Tableau des rotations :

$$a = A\omega, \qquad b = B\omega, \qquad m = M\omega,$$

$$b = B, \qquad f = F, \qquad n = \frac{1}{\omega}.$$

On devra donc avoir :

(1) $$\frac{\partial A}{\partial v} = BM, \qquad \frac{\partial E}{\partial v} = FM;$$

(2) $$\frac{\partial B}{\partial u} = A, \qquad \frac{\partial F}{\partial u} = E;$$

(3) $$A^2 + E^2 + M^2 = 0.$$

La relation (3) permet de poser

$$A = iM\cos\theta, \qquad E = iM\sin\theta.$$

Les formules (1) donnent ensuite :

(4) $$B = \cos\theta\, i \frac{\frac{\partial M}{\partial v}}{M} - \sin\theta\, i \frac{\partial \theta}{\partial v}, \qquad F = \sin\theta\, i \frac{\frac{\partial M}{\partial v}}{M} + \cos\theta\, i \frac{\partial \theta}{\partial v}.$$

En différentiant ces formules par rapport à u et en tenant compte des formules (2) on trouve :

(5) $$\frac{\frac{\partial M}{\partial v}}{M} \frac{\partial \theta}{\partial u} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = 0,$$

(6) $$\frac{\partial^2 \log M}{\partial u\, \partial v} - \frac{\partial \theta}{\partial u} \frac{\partial \theta}{\partial v} = M.$$

La première peut s'écrire :

$$\frac{\partial}{\partial v}\left(M \frac{\partial \theta}{\partial u}\right) = 0.$$

Par un choix convenable de la variable u on peut supposer

$$\text{(7)} \qquad \mathrm{M}\frac{\partial\theta}{\partial u} = 1.$$

La deuxième devient :

$$\left[\frac{\partial^2 \log \dfrac{\partial\theta}{\partial u}}{\partial u\, \partial v} + \frac{\partial\theta}{\partial u}\frac{\partial\theta}{\partial v}\right]\frac{\partial\theta}{\partial u} = -1.$$

C'est l'équation du problème; on voit bien qu'elle est du troisième ordre.

CORRESPONDANCE.

M. Vavon adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Résultats des observations de deux occultations des Pléiades par la Lune.* Note de M. **F. Gonnessiat**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai eu l'occasion d'observer à Alger l'occultation des Pléiades les 20 septembre et 11 décembre 1913, avec la lunette-viseur de l'équatorial photographique (distance focale $3^{m},4$; ouverture $0^{m},19$; grossissement 100). L'étroitesse du champ et l'absence de cercle de position ont fait manquer quelques émersions. L'ensemble toutefois a paru valoir d'être discuté.

J'ai emprunté les positions relatives des étoiles à l'excellent Catalogue de M. Kromm (*Bordeaux*, *Catalogue photographique*, I), et adopté les coordonnées de Newcomb pour l'étoile de référence η *Taureau*.

On trouvera dans le Tableau ci-après, avec la désignation de chaque étoile (Bordeaux) et sa grandeur, l'heure sidérale de l'observation ($2^{m}47^{s},7$ E. de Paris), et les équations de condition entre les corrections :

$\partial\mathrm{D}$ du demi-diamètre apparent $15'32'',8$;

$\partial\alpha$ de l'ascension droite donnée par la *Connaissance des Temps* diminuée de $2^{s},00$;

$\partial\delta$ de la déclinaison prise au même endroit diminuée de $10'',0$;

$\partial\pi$ de la constante de parallaxe $57'2'',7$.

I. — 1913 Septembre 20.

Immersions sur bord brillant.

Étoiles.	Gr.	Temps sidéral d'Alger.	Équations de condition.					Résidus.
24. 17 *b*.....	4,0	23h.46m.47s,8	1,02 ∂D	+ 0,92 ∂α	— 0,05 ∂δ	+ 0,69 ∂π	— 4″,3 = 0	+1″,4
22. 16 *g*....	5,8	50.39,3		+ 0,75	+ 0,58	+ 0,33	— 7,3	—0,4
31. 19 *e*.....	4,6	0.19.22,5		+ 0,42	+ 0,90	— 0,02	— 6,2	—0,1
46. 20 *c*.....	4,2	23.54,1		+ 0,82	+ 0,45	+ 0,39	— 6,7	+0,2
51. 22 *l*.....	6,9	44.40,3		+ 0,54	+ 0,82	+ 0,08	— 6,6	—0,1
81. An 12...	7,1	1. 8.31,3		+ 0,80	+ 0,49	+ 0,29	— 7,7	—0,9

Émersions sur bord obscur.

Étoiles.	Gr.	Temps sidéral d'Alger.	Équations de condition.					Résidus.
24. 17 *b*.....	4,0	0.47.26,8	1,02 ∂D	— 0,47 ∂α	— 0,87 ∂δ	— 0,01 ∂π	+ 5,1 = 0	—0,3
22. 16 *g*....	5,8	1. 2.37,7		— 0,86	— 0,36	— 0,38	+ 5,8	—0,1
31. 19 *e*.....	4,6	21. 1,1		— 0,91	+ 0,12	— 0,49	+ 5,2	+0,6
56. An 8....	8,6	24.48,8		— 0,14	— 1,00	+ 0,19	+ 3,6	—0,4
40. An 4....	7,7	31.42,8		— 0,79	— 0,53	— 0,23	+ 5,9	—0,2
38. An 2....	8,6	35.58,0		— 0,92	— 0,07	— 0,39	+ 5,3	0,0
46. 20 *c*.....	4,2	40.24,3		— 0,80	— 0,50	— 0,22	+ 4,9	—1,2
65. An 10...	7,9	41. 8,0		— 0,29	— 0,96	+ 0,11	+ 5,4	+0,7
49. 21 *k*.....	6,2	49.18,0		— 0,91	+ 0,13	— 0,40	+ 5,1	+0,6
51. 22 *l*.....	6,9	55.28,9		— 0,92	— 0,04	— 0,34	+ 5,4	+0,2

II. — 1913 Décembre 11.

Immersions sur bord obscur.

Étoiles.	Gr.	Temps sidéral d'Alger.	Équations de condition.					Résidus.
24. 17 *b*.....	4,0	1. 8.13,8	1,01 ∂D	+ 0,92 ∂α	— 0,12 ∂δ	+ 0,52 ∂π	— 3,4 = 0	+1,9
22. 16 *g*....	5,8	11.12,1		+ 0,78	+ 0,53	+ 0,26	— 8,0	—1,1
40. An 4....	7,7	39.53,5		+ 0,86	+ 0,38	+ 0,27	— 6,5	+0,3
46. 20 *c*.....	4,2	48.15,6		+ 0,85	+ 0,41	+ 0,24	— 6,9	0,0
56. An 8....	8,6	2. 6.20,3		+ 0,82	— 0,47	+ 0,39	— 3,9	—0,5
58. An 9....	8,3	9.25,1		+ 0,79	— 0,53	+ 0,39	— 2,5	+0,5
65. An 10...	7,9	12.13,3		+ 0,89	— 0,30	+ 0,36	— 4,6	—0,2
81. An 12...	7,1	37. 8,7		+ 0,82	+ 0,47	+ 0,09	— 7,3	—0,4
95. An 20...	8,4	56.19,2		+ 0,78	+ 0,55	+ 0,01	— 7,4	—0,4
103. An 24...	7,3	3. 9.41,2		+ 0,61	— 0,76	+ 0,24	— 1,4	—0,3

Émersions sur bord brillant.

Étoiles.	Gr.	Temps sidéral d'Alger.	Équations de condition.					Résidus.
22. 16 *g*....	5,8	2.31.45	1,01 ∂D	— 0,86 ∂α	— 0,39 ∂δ	— 0,13 ∂π	+ 1,1 = 0	—1,0
31. 19 *e*.....	4,6	51.56		— 0,92	+ 0,10	— 0,19	+ 5,7	+1,4
46. 20 *c*.....	4,2	3.12.31		— 0,81	— 0,49	+ 0,02	+ 2,6	—0,6
49. 21 *k*....	6,2	21.15		— 0,91	+ 0,16	— 0,11	+ 5,8	+0,2
51. 22 *l*.....	6,9	27.50		— 0,93	— 0,03	— 0,04	+ 5,2	+0,2

Ces équations, traitées par la méthode des moindres carrés, conduisent aux résultats suivants :

	20 septembre.	11 décembre.
∂D............	$-0,05\partial\pi + 0'',4 \pm 0'',2$,	$-0,09\partial\pi + 0'',4 \pm 0'',2$,
$\partial\alpha$............	$-0,53\partial\pi + 0^s,39 \pm 0^s,02$,	$-0,24\partial\pi \pm 0^s,38 \pm 0^s,02$,
$\partial\delta$............	$+0,25\partial\pi + 3'',5 \pm 0'',3$,	$+0,18\partial\pi + 3'',8 \pm 0'',5$,
Erreur moyenne.	$\pm 0,7$,	$\pm 0,8$.

C'est avec ces valeurs, abstraction faite de $\partial\pi$, qu'on a calculé les résidus inscrits dans la dernière colonne; ils ne dépassent guère en importance les irrégularités du limbe lunaire. L'incertitude des observations sur le bord éclairé fait que la valeur conclue pour le diamètre est sans doute un peu forte.

On ne peut s'empêcher de remarquer l'extrême similitude des corrections obtenues à trois mois de distance pour des positions de la Lune se projetant sur la même région du ciel.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1913 *f* (*Delavan*), *faites à l'Observatoire de Paris* (*équatorial tour de l'Ouest de* $0^m,305$ *d'ouverture*). Note de M. **B. Jekhowsky**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1914.	Étoiles.	Temps sidéral.	✳ – ★. ΔR.	ΔⒹ.	Nombre de compar.
		h m s	m s	′ ″	
Déc. 18......	*a*	12. 9. 5,18	−1.24,82	−2. 9,3	6:2
» 18......	*b*	12. 9. 5,18	−1.45,95	−1.47,0	6:2
» 18......	*a*	12.34.30,51	−1.23,39	−2.38,6	6:2
» 18......	*b*	12.41.29,05	−1.43,57	−2.23,9	3:1
» 24......	*c*	13. 7.59,52	+2. 8,66	−1.20,6	6:2
» 26......	*d*	12.39.41,20	+1.54,48	−7. 3,8	3:1
» 28......	*e*	12.58.20,73	+3.35,67	−4.26,1	6:2
» 28......	*f*	13.20. 4,85	+4.16,54	+1.41,8	6:2
» 29......	*g*	12.36.49,75	+2. 9,36	+0.22,2	6:2
» 29......	*g*	13. 1.30,08	+2.11,15	+0. 0,1	6:2
» 29......	*g*	13.16.37,67	+2.11,90	−0.16,0	3:1

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

Dates. 1914.	Étoiles.	Gr.	Æ moyenne pour 1914,0.	Réduction au jour.	Ⓓ moyenne pour 1914,0.	Réduction au jour.	Autorités.
Déc. 18.......	*a*	8,2	h m s 16.24.14,36	s +2,30	° ′ ″ −5.15.20,6	″ −14,8	A.G., 5674 Strasbourg
» 18.......	*b*	8,3	16.24.35,35	+2,30	−5.15.42,9	−14,7	A.G., 5675 »
» 24.......	*c*	8,4	16.30.42,45	+2,46	−7.45.30,5	−14,8	A.G., 5736 Wien Ottakring
» 26.......	*d*	6,6	16.34. 7,22	+2,51	−8.26.52,4	−14,7	A.G., 5754 »
» 28.......	*e*	9,0	16.35.35,63	+2,57	−9.16.20,2	−14,7	A.G., 5761 »
» 28.......	*f*	6,9	16.34.56,74	+2,58	−9.22.52,3	−14,7	A.G., 5757 »
» 29.......	*g*	9,1	16.38.14,27	+2,60	−9.43.23,3	−14,5	BD-9°, 4439

Positions apparentes de la comète.

Date 1914.	Temps moyen de Paris.	Æ apparente.	Log fact. parallaxe.	Ⓓ apparente.	Log fact. parallaxe.	Étoile.
Déc. 18...	h m s 18.21. 4,39	h m s 16.22.51,84	$\bar{1},5411_n$	° ′ ″ −5.17.44,7	0,8328	*a*
» 18...	18.21. 4,39	16.22.51,70	$\bar{1},5411_n$	−5.17.44,6	0,8328	*b*
» 18...	18.46.25,56	16.22.53,27	$\bar{1},5136_n$	−5.18.14,0	0,8362	*a*
» 18...	18.53.22,95	16.22.54,08	$\bar{1},5047_n$	−5.18.21,5	0,8370	*b*
» 24...	18.56.13,60	16.32.53,57	$\bar{1},4837_n$	−7.47. 5,9	0,8467	*c*
» 26...	18.20. 8,10	16.36. 5,21	$\bar{1},5261_n$	−8.34.10,9	0,8429	*d*
» 28...	18.30.52,74	16.39.13,87	$\bar{1},5080_n$	−9.21. 1,0	0,8479	*e*
» 28...	18.52.33,30	16.39.15,86	$\bar{1},4764_n$	−9.21.25,2	0,8522	*f*
» 29...	18. 5.29,38	16.40 46,73	$\bar{1},5358_n$	−9.43.15,6	0,8535	*g*
» 29...	18.30. 5,66	16.40.48,52	$\bar{1},5065_n$	−9.43.37,9	0,8491	*g*
» 29...	18.45.10,77	16.40.49,27	$\bar{1},4849_n$	−9.43.53,8	0,8522	*g*

Remarques. — Décembre 18. — La comète et une nébulosité arrondie de 45″ de diamètre, diffuse au bord, avec un noyau demi-stellaire de 5″. Grandeur 6 environ. On ne distingue pas la queue.

Décembre 24. — Même aspect que le 18.

Décembre 26. — Nébulosité diffuse au bord, la comète est moins brillante que le 18.

Décembre 28. — Même aspect que la veille. Le ciel est un peu brumeux.

Décembre 29. — Nébulosité arrondie de 40″ avec un noyau presque stellaire. Grandeur 6,5.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème de Sylow.* Note de M. **G.-A. Miller**, présentée par M. Jordan.

Selon le théorème de Sylow chaque groupe G d'ordre fini $g=p^m n$, p étant un nombre premier qui ne divise pas $n>1$, contient au moins un sous-groupe d'ordre p^m. Plusieurs preuves de ce théorème sont bien connues, mais la preuve suivante paraît mériter d'être connue à cause de sa brièveté et de sa simplicité.

Considérons un système complet quelconque S de substitutions conjuguées dans le groupe symétrique de degré g, tel que le nombre de substitutions dans S soit premier à p et que leur degré soit moindre que g. Si p^α est la plus haute puissance de p qui n'excède pas g, il est évident que les substitutions de degré p^α et d'ordre p remplissent cette condition.

Représentons G comme un groupe régulier de substitutions, et transformons toutes les substitutions de S dans leurs sous-systèmes de conjuguées dans G. Chacun de ces sous-systèmes contient plus d'une substitution puisqu'une substitution dont le degré est moindre que g ne peut pas être commutative avec chaque substitution d'un groupe régulier contenant ces lettres. Puisque le nombre total de substitutions dans S est premier à p, au moins un S de ces sous-systèmes contient un nombre de substitutions qui est premier à p.

Toutes les substitutions de G qui transforment une substitution de S en elle-même forment un sous-groupe dont l'indice est premier à p, puisque le nombre des substitutions dans S est premier à p. Il faut donc que ce sous-groupe ait un ordre divisible par p^m. Ceci prouve le théorème de Sylow, car si ce théorème n'était pas universellement vrai, on aurait pu prendre pour G le plus petit groupe qui ne le satisfait pas.

RADIOSCOPIE. — *Détermination de la position des projectiles dans le corps humain par la radioscopie.* Note de M. **Foveau de Courmelles**, présentée par M. Branly.

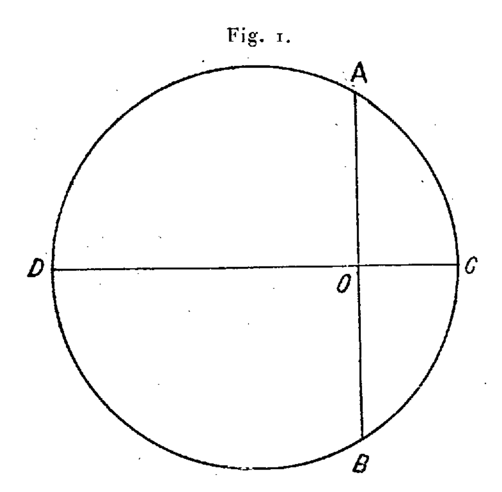
Déterminer de suite à l'écran fluorescent la position du corps étranger dans l'organisme est une nécessité de guerre. Voici deux méthodes voisines et facilement applicables :

M. Francis Hernaman-Johnson a décrit récemment à Londres [1] sa méthode propre seulement aux membres.

En diaphragmant le corps étranger et l'encerclant d'un anneau métallique de 3^{cm} de diamètre fixé à une tige de bois, il marque le point correspondant sur la peau et il centre l'anneau au nitrate d'argent; plaçant ensuite l'anneau en arrière, il détermine un autre point marqué de même; les trois points se trouvent sur la même verticale. Il opère ensuite à angle droit et marque sur la peau deux autres points d'une même verticale perpendiculaire à la première.

Il reporte les points obtenus sur le papier et obtient la figure ACBO; la mesure

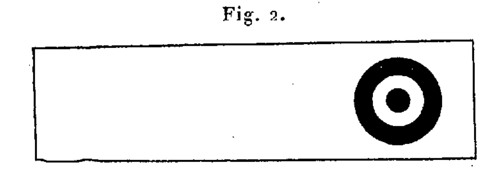
Fig. 1.



directe sur le membre de ACB donne sur le papier une flèche mesurable CO indiquant en C le point d'incision; CO est la profondeur du projectile. Le point D sert à fixer le chirurgien, son incision faite en C, sur la perpendicularité à suivre.

J'ai opéré d'une façon très analogue qui rend la méthode générale et plus rapide, tout en supprimant la nécessité de diaphragmer, opération souvent longue pour les corps de petit volume

Fig. 2.



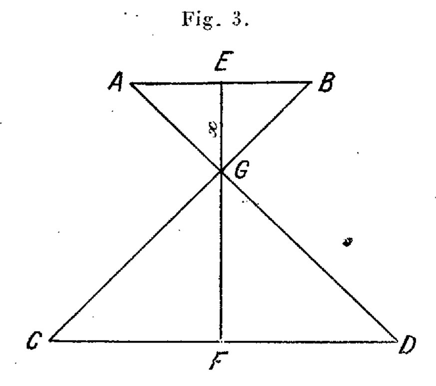
J'ai remplacé mon index primitif marquant sur la peau la place du corps étranger en doublant l'appareil anglais, c'est-à-dire en prenant deux

---

[1] *Archives of the Röntgen Ray*, décembre 1914 et janvier 1915.

anneaux fixés sur deux planchettes évidées à cet effet; le tout est recouvert d'étoffe afin d'éviter au patient la sensation de froid, et par suite ses mouvements intempestifs; l'anneau n'est ainsi visible qu'à l'écran. Je regarde le corps étranger, radioscopiquement, puis je l'entoure, en avant et en arrière en même temps, de chacun des anneaux, où un trou au centre laisse entrer le crayon de nitrate d'argent ou dermographique devant marquer les deux points nécessaires sur la peau. J'opère de même, à angle droit ou non, mais toujours en me plaçant de façon à avoir deux faces parallèles du segment de membre considéré. J'obtiens alors la figure suivante, où le problème de

Fig. 3.



triangulation assez semblable aux résultats anciens (1897) de mon ampoule double ([1]) donne la distance du projectile à la peau.

On a

$$\frac{\text{EG (ou } x\text{)}}{\text{GF}} = \frac{\text{AB}}{\text{CD}}$$

ou encore

$$\frac{\text{EG} + \text{GF}}{\text{EG}} = \frac{\text{AB} + \text{CD}}{\text{AB}}.$$

EG + GF est égale à e, l'épaisseur du corps pris avec un compas d'épaisseur au milieu des distances AB et CD; la plus courte de ces distances, soit AB, est la plus rapprochée du corps étranger; son milieu, ou E, sera le point d'incision, et F son antipode, un point de repère pour l'opérateur.

On a donc enfin :

$$\frac{e}{x} = \frac{\text{AB} + \text{CD}}{\text{AB}} \qquad \text{ou} \qquad x = \frac{e \times \text{AB}}{\text{AB} + \text{CD}},$$

e, AB, CD sont connues, x s'en déduit facilement.

([1]) Foveau de Courmelles, *Comptes rendus*, 12 avril 1897, et *Traité de Radiographie*, mai 1897.

Pour le thorax, où, on le comprend aisément, la prise de deux radioscopies perpendiculaires est impossible, vu l'épaisseur dans le sens transversal, à moins de projectiles gros ou de sujets maigres, la même méthode s'applique. On prend le sujet, la face ou le dos opposé à l'écran, mais bien parallèle à cet écran, bien éclairé, et qu'on diaphragme ou non (je l'ai expérimenté souvent et la vérification en est facile chaque fois), on a la perpendiculaire EF par les deux anneaux encerclant le corps étranger. On place alors de profil le malade, englobant deux segments parallèles à l'avant et à l'arrière, et l'on a la ligne AD, par exemple, et notre formule de tout à l'heure devient :

$$\text{EG ou } x = \frac{e \times \text{AE}}{\text{AE} + \text{FD}}.$$

Le point d'incision est sur la plus petite droite joignant du même côté deux des quatre points déterminés, et la distance x est connue.

En cas de segment du corps à faces non parallèles, la perpendiculaire et l'oblique passant par le corps étranger déterminent le point de l'incision et sa direction.

Ayant eu à radiographier ces derniers temps de nombreux blessés des trois sections de la Croix-Rouge française, j'ai pu, avec succès, vérifier ces données.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Tautomérie de l'acide phénylpyruvique.* Note de M. **J. Bougault** et Mlle **R. Hemmerlé**, présentée par M. Moureu.

I. L'un de nous [1] a déjà signalé que l'acide phénylpyruvique semblait exister sous deux formes tautomères : l'acide libre aurait la forme énolique $C^6H^5.CH = COH.CO^2H$ et les sels neutres, la forme cétonique $C^6H^5.CH^2.CO.CO^2M$. Les preuves que nous avons réunies pour étayer ces conclusions les confirment pleinement; elles sont tirées de la différence de solubilité des deux formes tautomères, de leur manière d'être vis-à-vis de l'acide acétique, du permanganate de potassium et de la semicarbazide.

1° Une solution de phénylpyruvate de soude (f. cét.) à 10 pour 100 ne donne pas de précipité *immédiat* par addition d'acide chlorhydrique malgré l'insolubilité presque complète de l'acide libre (f. énol.) dans l'eau. Cela

(1) J. Bougault, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. XV, 1914, p. 529.

tient à la solubilité de la forme cétonique, qui d'ailleurs est instable dans ces conditions et passe lentement à la forme énolique insoluble.

2° Si l'on dissout, rapidement à froid, par agitation, $0^g,40$ d'acide phénylpyruvique dans 10^{cm^3} d'eau, à l'aide de $0^g,40$ de bicarbonate de potasse, l'acidulation acétique détermine un précipité partiel de l'acide (f. énol.). Mais laisse-t-on les choses dans cet état, c'est-à-dire le précipité en présence de son eau mère, tout se dissout, en 48 heures au plus, par suite du passage de la forme énolique à la forme cétonique.

3° On dissout à froid $0^g,40$ d'acide phénylpyruvique (f. énol.) dans 10^{cm^3} d'eau à l'aide de $0^g,40$ de bicarbonate de potasse, on prélève 1^{cm^3} de cette solution et on l'additionne de solution de permanganate de potassium jusqu'à coloration rouge lie de vin, persistant quelques instants. On trouve qu'il en faut environ $2^{cm^3},2$. En opérant de même sur la solution faite depuis 24 heures, on constate qu'il ne faut plus que quelques gouttes de permanganate pour arriver au même résultat. Ceci est dû à ce que la forme énolique s'est isomérisée en forme cétonique moins réductrice.

4° A la solution de $0^g,340$ de phénylpyruvate de soude dans 5^{cm^3} d'eau, on ajoute 5^{cm^3} d'éther, $0^{cm^3},5$ d'acide chlorhydrique concentré et $0^g,20$ de chlorhydrate de semicarbazide : on a aussitôt un abondant précipité de semicarbazone insoluble dans l'eau et très peu soluble dans l'éther.

La même opération, effectuée avec les mêmes substances en remplaçant seulement les $0^g,340$ de phénylpyruvate par la quantité correspondante (soit environ 0^g300) d'acide phénylpyruvique, ne donne aucune trace de semicarbazone.

Dans le premier cas on avait affaire à la forme cétonique, dans le deuxième cas, à la forme énolique; les résultats s'expliquent aisément.

II. *Passage de la forme cétonique à la forme énolique et inversement.* — Les expériences ci-dessus donnent déjà des indications sur les conditions de passage d'une forme à l'autre. Nous voyons, dans la deuxième expérience, que l'acide libre (forme énolique), saturé par le bicarbonate, ou même l'acétate de potasse, passe peu à peu à la forme cétonique. D'autre part, dans la première expérience, le sel de sodium (forme cétonique), acidulé par l'acide chlorhydrique, donne au bout de quelque temps un précipité d'acide de forme énolique. L'élévation de la température accélère ces transformations.

Mais nous avons remarqué de plus que les alcalis pouvaient, comme les

acides et plus rapidement qu'eux, convertir la forme cétonique en forme énolique. Voici l'expérience qui le prouve :

Deux tubes à essais A et B contiennent chacun 10^{cm^3} d'une solution de phénylpyruvate de sodium (forme cétonique) à 2 pour 100. Dans le tube A on ajoute deux gouttes de lessive de soude, puis aussitôt on neutralise par de l'acide chlorhydrique la soude ajoutée. Les deux tubes ainsi préparés, on verse, dans l'un et l'autre, $0^{cm^3},5$ d'acide chlorhydrique : on observe en A un précipité *immédiat* d'acide de la forme énolique, tandis que rien n'apparaît dans le tube B qui ne contient que de l'acide de forme cétonique.

Ainsi une très petite quantité d'alcali a suffi pour produire instantanément une isomérisation partielle de l'acide.

Nous avions pensé que l'isomérisation par les acides et l'isomérisation par les alcalis conduisaient peut-être aux deux formes énoliques que prévoit la théorie; mais il n'en est pas ainsi, l'acide obtenu est le même dans les deux cas.

Ajoutons que ces opérations et la purification des produits sont gênées par l'altération spontanée de l'acide phénylpyruvique, qui s'oxyde en benzaldéhyde et acide oxalique.

III. Puisque l'acide phénylpyruvique peut exister sous la forme énolique, il était à présumer que nous pourrions préparer des éthers de la fonction alcool supposée. C'est en effet ce que l'expérience a montré; l'ébullition avec l'anhydride acétique a conduit aisément à un acétate de formule

$$\begin{array}{l} C^6H^5.CH = C.CO^2H \\ \;| \\ CO^2.CH^3 \end{array}$$

fondant à 168° et régénérant par saponification les deux acides générateurs.

D'ailleurs, on ne saurait trouver dans cette réaction une indication de la forme sous laquelle se trouvait l'acide phénylpyruvique employé, car le phénylpyruvate de sodium (forme cétonique), traité de la même façon, a fourni le même produit : sans doute, l'anhydride acétique avait préalablement tautomérisé l'acide initial ([1]).

([1]) Nous signalons, pour prendre date, que l'acide benzylpyruvique

$$C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CO^2H,$$

traité par l'anhydride acétique, donne également un monoacétate, fondant vers 125°.

ZOOLOGIE. — *Sur un phénomène de multiplication par scissiparité longitudinale chez un Madréporaire* (Schizocyathus fissilis *Pourtalès*). Note de M. **Ch.-J. Gravier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans la riche collection de Coraux des grands fonds sous-marins provenant des croisières du Prince de Monaco dans l'Atlantique, se trouvent douze exemplaires d'une forme extrêmement curieuse au point de vue biologique, le *Schizocyathus fissilis* Pourtalès. Ce Madréporaire se présente avec un facies très spécial. Le calice est toujours inséré obliquement sur une base étroite, rectiligne ou un peu incurvée, de longueur variable. Cette base a une section transversale triangulaire qui décroît, graduellement et légèrement, du calice à l'extrémité opposée; l'une des faces est convexe, les deux autres sont planes. Le fond du calice est situé du côté de la face convexe; son ouverture, du même côté que l'arête suivant laquelle se coupent les deux faces planes. Les sections transversales et les sections normales à celles-ci faites dans le support montrent que ce dernier est formé d'une lame médiane soudée largement et très irrégulièrement à deux lames latérales au moins aussi épaisses qu'elle-même et faisant entre elles un angle voisin de 60°.

Le calice est pourvu de trois cycles de septes. Ceux du premier cycle sont largement prédominants; ceux du second sont fort réduits comparativement; ceux du troisième s'avancent un peu plus près du centre du calice que ces derniers. Il n'y a pas de columelle. Les septes du second cycle conservent une médiocre largeur dans toute l'étendue du polypier; tandis que ceux du troisième s'élargissent en profondeur et viennent se souder deux par deux au voisinage immédiat du centre du calice, englobant les septes du premier cycle, de chaque côté desquels ils sont placés.

Il se constitue ainsi six groupes indépendants formés chacun de trois septes (un médian du premier cycle et deux latéraux du troisième) et séparés les uns des autres par ceux du second cycle. Une coupe transversale, faite au-dessous du niveau du fond du calice, met en évidence six secteurs égaux dont l'angle au centre atteint près de 60° et isolés les uns des autres par des lames étroites, d'épaisseur faible, non uniforme. Dans chacun des six secteurs, on distingue deux séries rayonnantes de vides à contour irrégulier qui délimitent une lame médiane et deux lames latérales. La comparaison des sections transversales du support et du calice permet de reconnaître

aisément que le premier correspond précisément à l'un des six groupes qui constituent le second, les lames étroites et minces n'étant autres que les septes du second cycle. Cette singulière espèce, chez laquelle le calice est toujours soudé à une fraction d'un calice plus ancien, a été décrite en premier lieu par Pourtalès qui admit la formation, à l'intérieur du calice, de bourgeons déterminant sa rupture par éclatement, au cours de leur évolution. G. Lindström n'accepta pas l'hypothèse de Pourtalès; il pensait qu'après la dislocation des six groupes compacts de septes, le polype reste attaché à un ou plusieurs des groupes séparés et commence à construire un calice nouveau autour de lui-même, qu'il y a ici plutôt continuation du même individu grandissant sur les fragments isolés, que bourgeonnement d'un nouvel individu sur le parent du calice brisé. Le zoologiste suédois ne rejetait cependant pas d'une manière absolue la possibilité d'un bourgeonnement intracalicinal.

Parmi les exemplaires de la collection du Prince de Monaco, j'ai eu la bonne fortune d'en trouver un, plus grand que les autres et particulièrement intéressant. Il est fixé sur un support triangulaire analogue à celui qui a été signalé plus haut. Il mesure $10^{mm},8$ de hauteur et $2^{mm},1$ de diamètre à l'ouverture du calice. Il a gardé ses parties vivantes formant une couche délicate sur la paroi des septes et au fond du calice. L'ensemble est divisé en six groupes égaux, séparés sur presque toute leur longueur, réunis seulement à leur partie supérieure par les tissus vivants non encore déchirés. Les traits de séparation correspondent aux bandes étroites, à paroi fort mince, situées entre les blocs constitués par les septes du premier et du troisième cycles et sur lesquelles s'insèrent ceux du deuxième cycle; il y a là des lignes de moindre résistance séparant six troncs de pyramide très compacts et pour ainsi dire simplement juxtaposés, qu'un très faible effort dissocie. Le calice n'offre aucune trace de bourgeonnement; par conséquent, la dislocation, commencée au moment où le Madréporaire fut recueilli, ne résulte aucunement d'une pression qui s'exercerait dans sa cavité, ni d'une intervention étrangère quelconque. Le phénomène est spontané, d'ordre physiologique. Tout se passe comme si, lorsque le Madréporaire est parvenu à une certaine taille, la muraille, trop faible, était impuissante à maintenir associés les six troncs de pyramide juxtaposés, reposant sur une base trop exiguë. En tout cas, les six segments, avec leurs parties vivantes respectives, se séparent et tombent; sur chacun d'eux, s'édifie un nouveau calice qui tourne son orifice vers le haut, faisant avec la base un angle dont la grandeur est en rapport avec l'inclinaison de

celle-ci. Il se fait, non une simple réparation par bourgeonnement, mais une véritable régénération. Les parties vivantes du secteur séparé reforment complètement un nouveau calice; le squelette calcaire qu'elles recouvrent sert simplement de base à un nouvel édifice tout à fait distinct du premier.

Il s'agit ici d'une multiplication par scissiparité longitudinale avec régénération consécutive. Une telle forme de division longitudinale d'un être qui se partage spontanément en six fragments, dont chacun répare normalement la mutilation résultant de la division, est sans exemple, non seulement chez les Madréporaires, mais même dans tout le monde vivant. Il n'y a rien de commun entre le phénomène en question et ce qui a lieu chez le *Turbinolia impressa* Queenstedt du Jurassique, le *Flabellum matricida* Kent, le *Gardineria Hawaïiensis* Vaughan et très probablement aussi chez l'*Aulocyathus juvenescens* Marenzeller, dont l'évolution est inconnue. Il n'y a guère de comparable — et encore de loin — que la division longitudinale en deux individus, fréquente chez les Actinies de la famille des Sagartiidæ. De ce que l'on ne connaît jusqu'ici le *Schizocyathus fissilis* que sous la forme mentionnée plus haut; que, de plus, il n'est pas rare de voir des groupes résultant de deux dislocations successives et qu'on n'a jamais trouvé de calice isolé, on peut supposer que c'est là le mode normal de multiplication de l'espèce. La reproduction sexuée, si elle existe, n'intervient peut-être que fort rarement. Quoi qu'il en soit, il est curieux de constater un tel mode de multiplication chez des animaux dont les tissus vivants sont réduits à une très mince couche à la surface du calice, soutenu par une charpente calcaire relativement fort développée [1].

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier* 1915. Note de M. **Alfred Angot**.

Bien qu'une partie des bâtiments de l'Observatoire du Val-Joyeux ait été temporairement réquisitionnée pour la défense du Camp retranché, les observations magnétiques ont été continuées en 1914 sans aucune interruption, par M. Itié, sous la surveillance de M. Dufour.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1915, données ci-

(1) Une étude plus complète du phénomène, accompagnée de nombreuses figures, est faite dans le Mémoire qui sera publié prochainement et qui est consacré aux Coraux des grandes profondeurs, recueillis au cours des croisières de la *Princesse-Alice* de 1893 à 1913 inclusivement.

dessous, résultent de la moyenne des observations horaires du 31 décembre 1914 et du 1er janvier 1915, relevées sur le magnétographe et rapportées à des mesures absolues. La variation séculaire des divers éléments est la différence entre ces valeurs et celles qui ont été indiquées (1) pour le 1er janvier 1914.

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux.

	Valeurs absolues pour l'époque 1915,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	13°45',32	— 9',11
Inclinaison	64°37',40	— 1',00
Composante horizontale	0,19714	— 0,00028
Composante verticale	0,41561	— 0,00092
Composante nord	0,19149	— 0,00014
Composante ouest	0,04688	— 0,00057
Force totale	0,46000	— 0,00095

La diminution de la déclinaison en 1914 est à peu près la même qu'en 1912 et un peu inférieure à celle qui avait été observée en 1913 (— 9',83). En trois ans la déclinaison a ainsi diminué de 28', ce qui est sans précédents.

La composante horizontale, dont les variations étaient faibles et irrégulières depuis plusieurs années, paraît nettement entrée dans la période décroissante et a sensiblement la même valeur qu'il y a onze ans.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Tremblement de terre du 13 janvier 1915.* Note de M. **Alfred Angot**.

Dans la matinée du 13 janvier les sismographes de l'Observatoire du Parc Saint-Maur ont enregistré des mouvements très violents. Le début des premières oscillations préliminaires, très net, a eu lieu à $6^h 55^m 12^s$; celui des deuxièmes préliminaires, moins certain, a été évalué à $6^h 57^m 31^s$; les ondes longues ont commencé à $6^h 59^m$, et les derniers mouvements s'éteignent seulement vers 9^h. L'amplitude maximum des mouvements du sol, au Parc Saint-Maur, a atteint 300^μ sur la composante nord et 400^μ sur la composante est.

L'examen des seules données recueillies à l'Observatoire a permis immé-

(1) *Comptes rendus*, t. 158, p. 76.

diatement de fixer la position de l'épicentre à environ 1300^{km} dans le Sud-Est, c'est-à-dire en Italie. La distance réelle est un peu moindre que celle qui avait été estimée, à cause de l'incertitude qui entache l'évaluation du début des deuxièmes oscillations préliminaires, et qui tient probablement à la grande étendue de la région épicentrale.

A titre de comparaison, le tremblement de terre du 3 janvier 1911, dont l'épicentre était dans le Turkestan russe, à 5500^{km}, a donné au Parc Saint-Maur des mouvements dont l'amplitude a dépassé 1500$^{\mu}$ sur la composante est. L'amplitude maximum n'a pu être alors mesurée, les masses mobiles des sismographes ayant atteint les vis de butée.

CHIRURGIE. — *Traitement des plaies de guerre par les solutions de nitrate d'argent à* 1 *pour* 200000 *à* 500000. Note de M. **J. Danysz**, présentée par M. A. Laveran.

Dans son Cours sur la diphtérie, M. Roux nous faisait remarquer que les antiseptiques plus ou moins concentrés, dont on se servait antérieurement à la découverte du sérum spécifique, ne faisaient le plus souvent qu'aggraver l'état des malades. Les muqueuses détruites par l'antiseptique constituaient en effet un milieu de culture excellent pour les microbes, qui ne pouvaient jamais être détruits complètement par les antiseptiques les plus énergiques; et l'on voyait ainsi des foyers d'infection primitivement très petits s'élargir rapidement et envahir toute la gorge, la langue et le palais des petits malades.

Cette remarque m'a donné l'idée d'étudier de plus près l'action des antiseptiques sur les microbes dans différents milieux de culture et aussi sur les tissus normaux plus ou moins lésés et infectés.

De toutes ces recherches, qui datent de fort longtemps et dont j'ai déjà publié quelques résultats en 1900 dans les *Annales de l'Institut Pasteur*, j'ai pu tirer les conclusions suivantes :

Les substances les plus antiseptiques sont les sels métalliques et plus particulièrement les sels de mercure et d'argent.

Le bichlorure de mercure stérilise une eau très infectée en solution à 1 pour 1 million jusqu'à 1 pour 5 millions.

L'oxycyanure de mercure possède une puissance microbicide sensiblement égale à celle du sublimé, mais agit un peu plus lentement. L'azotate d'argent stérilise sûrement une eau ensemencée de la même façon en solution à 1 pour 1 million.

Quant à l'action de ces produits sur les cellules, j'ai constaté que le sublimé coagule les éléments du sang défibriné *in vitro* en solution à 1 pour 15000 et les solubilise encore à 1 pour 200000, tandis que l'oxycyanure de mercure ne coagule les éléments du sang, dans les mêmes conditions, qu'à 1 pour 500 et donne une hémolyse encore sensible à 1 pour 100000.

L'azotate d'argent ne donne avec le sang *in vitro* aucune réaction appréciable, mais injecté dans les veines il détruit les endothéliums et produit des inflammations veineuses qui peuvent amener l'atrophie complète de ces vaisseaux, encore à 1 pour 50000. Il produit des lésions passagères encore à 1 pour 100000. A 1 pour 200000, l'azotate d'argent ne donne plus aucune réaction pathogène appréciable.

Je devais en conclure que, pour produire une action encore suffisamment bactéricide, *sans léser les tissus traités*, on ne devrait employer les sels de mercure qu'en solution à 1 pour 300000 et au delà, et l'azotate d'argent à partir de 1 pour 200000.

Dans un autre ordre d'idées, j'ai constaté que les sels de mercure, injectés dans le sang en quantité suffisante pour se trouver dilués dans le volume total du sang de l'animal à 1 pour 4 à 5 millions et l'azotate d'argent à 1 pour 1 à 2 millions, excitaient sensiblement l'action phagocytaire des leucocytes et une série d'essais de traitement des plaies superficielles chez l'homme et des lésions artificielles infectées ou non infectées, produites chez les animaux d'expérience, m'a montré que la cicatrisation et la stérilisation la plus rapide peut être obtenue par des lavages et des pansements au nitrate d'argent à 1 pour 200000 à 500000.

En possession de ces données je n'ai plus hésité à proposer ces solutions de nitrate d'argent très diluées pour le traitement des plaies de guerre, dans certains hôpitaux, et notamment au D[r] Labonnette, de l'hôpital mixte de Melun, au D[r] Cazin, chirurgien en chef de l'infirmerie de l'École Polytechnique, au D[r] Manson, chirurgien de plusieurs ambulances de la Croix-Rouge de Paris, et au D[r] Michon, chirurgien en chef de l'Hôpital Cochin.

A titre d'exemples des résultats obtenus je citerai ici deux observations choisies entre beaucoup d'autres analogues.

Cas traité à Melun par le D[r] Labonnette. — Blessé atteint d'une plaie du dos : orifice d'entrée très petit, orifice de sortie énorme : 25^{cm} de long sur 12^{cm} de large, 6^{cm} de profondeur. Avant le traitement au nitrate la plaie a mauvais aspect, suppuration très abondante et malodorante, en outre de nombreux abcès autour de la plaie, sur le dos.

Le 27 novembre, on commence le traitement au nitrate d'argent à 1 pour 200000 par des pulvérisations sur la plaie et les abcès. Dans la plaie on introduit une grande mèche imbibée dans la même solution. On continue le même traitement tous les jours. Après 8 jours, les abcès du dos ont séché et disparu, sur la plaie devenue rose on remarque un bourgeonnement intense; il y a encore un peu de pus, mais la plaie ne sent plus mauvais. Après 15 jours, la plaie a diminué de moitié en étendue et en profondeur.

Le 10 janvier, c'est-à-dire après 6 semaines de traitement, la plaie est complètement cicatrisée.

Cas traité par le Dr Cazin. — Plaie du coude droit avec grande perte de substance aux dépens des os de l'avant-bras, cavité articulaire largement ouverte. Blessé le 30 novembre et pansé immédiatement à la teinture d'iode. *Traitement :* du 3 au 18 décembre, lavages à l'éther, poudre d'ectogan, électrargol. Une suture périosto-osseuse n'a pas tenu. Pas d'amélioration, la plaie reste largement béante, son aspect est franchement mauvais, tissus grisâtres. Le 18 décembre, on commence les lavages au nitrate d'argent à 1 pour 200000 (bock et canule).

Le 22 décembre, l'aspect de la plaie s'améliore visiblement, elle devient rosée.

Le 24 décembre, bourgeonnement intense des tissus en voie de régénération. La suppuration persiste, bien que moins abondante, à cause des esquilles.

Le 2 janvier, l'étendue et la profondeur de la plaie ont diminué de moitié. La suppuration diminue toujours. Le 3 janvier, petit suintement de sérosité, la plaie a un aspect parfait.

Les résultats expérimentaux ont été complètement confirmés par les résultats obtenus dans le traitement de plaies de guerre très graves.

Aujourd'hui, près de 100 cas, tous très graves, sont en traitement et partout on observe des résultats analogues : amélioration rapide de l'aspect des plaies, bourgeonnement intense, reconstitution rapide des tissus, destruction de tous les microbes que j'ai trouvés jusqu'à présent dans les plaies et notamment des proteus, coli, pyocyanique, perfringens, streptocoques et staphylocoques.

En résumé, il résulte de ces expériences et de ces observations :

1° Que les substances irritantes en solutions assez concentrées pour tuer les cellules des tissus lésés, non seulement n'arrêtent pas les infections, mais ont pour effet certain de les prolonger et de retarder la guérison des plaies;

2° Que dans le choix des antiseptiques on doit donner la préférence à ceux qui, à une dose déterminée, sont encore antiseptiques, mais ne tuent plus les cellules et ont surtout pour rôle d'augmenter la défense de l'organisme en excitant la multiplication des cellules et la reconstitution des tissus;

3° Que, jusqu'à nouvel ordre, la combinaison de ces deux actions, recons-

tituante et antiseptique, se trouve le mieux réalisée par l'emploi de l'azotate d'argent en solution de 1 pour 200000 à 500000.

Je dois ajouter qu'on doit toujours commencer le traitement par la dilution la plus concentrée (1 pour 200000) et qu'on peut ensuite augmenter peu à peu la dilution jusqu'à 1 pour 500000.

A 16 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 11 janvier 1915.)

Note de M. *Lecornu*, Sur le flambement des tiges cylindriques :

Page 46, ligne 11, *au lieu de*

$$\sin\left(2n\pi\frac{l}{x}+\alpha_n\right),$$

lire

$$\sin\left(2n\pi\frac{x}{l}+\alpha_n\right).$$

Même page, ligne 14, *au lieu de*

$$\frac{2\pi^3}{l^2},$$

lire

$$\frac{\pi^2}{l}.$$

Page 47, ligne 2, *au lieu de*

$$\frac{2\pi^2 r^2}{l},$$

lire

$$\frac{\pi^2 r^2}{l}.$$

Même page, ligne 25, *au lieu de* un corps de révolution, *lire* un corps solide.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JANVIER 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Description d'un nouvel instrument pour la comparaison différentielle des grandes distances angulaires célestes.* Note de M. G. BIGOURDAN.

Pendant longtemps on a déterminé les coordonnées célestes des astres en mesurant les distances angulaires de ceux-ci à quelques étoiles dont la position était supposée connue : on procédait encore ainsi dans la seconde moitié du XVIIe siècle.

Lorsque Huygens eut perfectionné les horloges, Picard abandonna les mesures de distances, et revint à l'idée qu'avait eue Tycho-Brahé, de déterminer les différences d'ascension droite des astres par le temps écoulé entre leurs passages à un même cercle de déclinaison; et pour celui-ci il choisit naturellement le plus commode, le plus facile à déterminer, le méridien du lieu : ainsi s'établit le système d'observations méridiennes aujourd'hui en usage.

Dans divers cas cependant la mesure des distances peut être préférable. Aussi certains astronomes l'ont perfectionnée, particulièrement pour la rendre différentielle, par exemple pour lui permettre de mesurer avec beaucoup de précision les variations que subit la distance apparente de deux astres angulairement très éloignés.

Une élégante solution de ce problème a été proposée il y a près de 30 ans

par M. Lœwy [1], qui plaçait devant l'objectif d'un équatorial deux miroirs faisant un certain angle et renvoyant côte à côte, dans le même champ, les images de deux astres situés dans des régions éloignées du ciel; et ainsi la variation de la distance angulaire de ces astres peut se mesurer différentiellement avec la vis d'un micromètre.

Une autre solution peut être fournie par l'emploi de deux lunettes dont les axes optiques font un angle variable, mais qui sont susceptibles d'être quelque temps liées invariablement l'une à l'autre; d'ailleurs, par la combinaison des observations, il sera possible de reconnaître le déplacement relatif de ces lunettes s'il vient à se produire.

Description de l'instrument. — Sur un plateau métallique P très rigide, et mobile autour d'un axe A situé dans son plan, installons deux lunettes L_1, L_2, une sur chaque face. Ces lunettes, munies d'un micromètre de position avec oculaire mobile, peuvent tourner respectivement autour des axes a_1, a_2, implantés normalement dans le plateau P, de sorte que ces lunettes se déplacent à peu près parallèlement à ce plateau P.

Des cercles gradués mesurent les rotations autour des trois axes A, a_1 et a_2, mais leur précision, non plus que celle des déplacements autour des axes, ne joue de rôle dans les mesures; même le jeu des lunettes autour des axes a_1 et a_2 est supposé assez grand pour laisser toute liberté aux dilatations, etc. des lunettes, qui sont fixées temporairement au plateau P par deux autres points, comme il va être dit.

Cet ensemble du plateau P et des deux lunettes L_1, L_2 est installé sur une monture équatoriale dont la lunette a été supprimée, et de manière que l'axe A coïncide avec la position habituelle de l'axe optique de la lunette. La monture équatoriale est supposée munie, comme à l'ordinaire, de divers rappels et d'un mouvement d'horlogerie.

Il est évident qu'avec cette disposition les deux lunettes L_1, L_2 peuvent viser respectivement deux points quelconques p_1, p_2 du ciel et les suivre constamment dans leur mouvement diurne : pour viser ainsi les points p_1, p_2 il suffira, en effet, de placer les lunettes L_1, L_2 symétriquement à l'axe A et de diriger cet axe vers le point milieu de l'arc p_1p_2, puis de déplacer convenablement le plateau P autour de l'axe A. Par suite, si les axes

---

[1] M. Lœwy, *Nouvelle méthode pour la détermination des éléments de la réfraction* (*Comptes rendus*, t. 102, 11 janvier 1886, p. 74). Voir aussi p. 290, 380, 533, 887, 1196, 1273 du même Volume.

optiques des lunettes L_1, L_2 font un angle qui reste bien constant pendant la période des observations, à tout instant on pourra, par exemple, lui comparer la distance angulaire p_1p_2 et déterminer différentiellement ses variations. De même on pourra comparer différentiellement et par le moyen des micromètres deux arcs célestes p_1p_2, $p'_1p'_2$ de position quelconque sur le ciel visible, mais peu différents l'un de l'autre en grandeur.

La condition essentielle à remplir est donc que pendant la durée des observations les axes optiques des deux lunettes L_1, L_2 soient comme invariablement liés.

Pour cela, le plateau métallique P qui les porte est fortement nervuré; en outre, les tubes des lunettes, formés du même métal que le plateau P, lui sont attachés chacun, dans telle position qu'on veut, compatible avec les axes a_1, a_2, par deux colliers venus de fonte avec les tubes et situés près des extrémités de ceux-ci. En face le chemin circulaire que peut parcourir chaque collier, en raison du déplacement des lunettes autour des axes a_1, a_2, le plateau porte une rainure à travers laquelle passent des vis de serrage qui vissent dans le collier.

Par ce moyen, les tubes des lunettes L_1, L_2 font corps, en quelque sorte, avec le plateau P; leurs tubes ne peuvent fléchir parce qu'ils sont maintenus par des points assez voisins de leurs extrémités, et les dilatations ne peuvent les déformer parce qu'ils ne sont fixés qu'en deux points et à un plateau de même matière.

Reste à assurer l'immobilité du micromètre et de l'objectif de chaque lunette. On peut dire que les modes habituels de fixage ont fait leurs preuves, puisqu'ils ne prêtent à aucune critique dans les cercles méridiens employés aux déterminations absolues, quoique ces instruments soient soumis à des déplacements angulaires considérables.

Pour le micromètre, il suffit que les colliers de serrage soient assez forts.

Pour l'objectif, les mouvements qui changeraient sa distance au plan des fils micrométriques ne sont guère à redouter; et l'on se prémunirait contre les mouvements qui changent la collimation en maintenant les verres par deux ressorts appuyant la tranche de ces verres contre un appui fixe dans le barillet : par ce moyen, j'ai pu supprimer, dans une lunette méridienne, des variations qui se produisaient dans la collimation quand on déplaçait cette lunette.

Pour éviter toute dilatation anormale, le plateau P et tout ce qu'il porte serait enveloppé de matières isolantes.

Cet instrument est donc une sorte de *comparateur* angulaire propre à la

mesure différentielle des distances angulaires des astres et particulièrement des grandes.

Parmi les applications qu'il comporte et qui seront développées ultérieurement, j'indiquerai les suivantes :

Détermination directe et presque instantanée de la réfraction et de sa constante ;

Mesure de la constante de l'aberration annuelle ;

Perfectionnement des catalogues fondamentaux par la comparaison de grandes différences d'ascension droite, indépendamment de la marche des horloges et de la variation des constantes instrumentales.

OPTIQUE. — *Sur l'effet utile des projecteurs. Remarques complémentaires.* Note de M. **André Blondel.**

Autre forme de l'équation des portées. — Reprenons l'équation de la portée d'un projecteur telle que je l'ai établie précédemment (1),

$$(6) \qquad \operatorname{Log} \mathrm{I} = \left(\frac{x^2}{g\mathrm{L}} + \mathrm{H} + x'[\log a]\right) + (2\log x + x[\log a]) + [\mathrm{R}]$$

dans laquelle $[\log a]$ et $[\mathrm{R}]$ sont les modules des grandeurs algébriques $\log a$ et R, qui sont toujours négatives; L et H sont deux constantes associées, qui peuvent avoir deux paires de valeurs différentes, L′, H′ ou L″, H″, suivant qu'on observe le but sous une acuité supérieure ou inférieure à une certaine valeur critique (0,15 environ).

Dans la première parenthèse du second membre, on peut, en passant des logarithmes aux nombres, écrire

$$(6\ bis) \qquad \frac{x'}{g\mathrm{L}} + x'[\log a] = x'\log\frac{a}{10^{\frac{1}{g\mathrm{L}}}},$$

10 étant la base des logarithmes employés ici.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 160, janvier 1915, p. 48.

Errata à ma précédente Note :

Page 51, dernière ligne, *au lieu de* $\frac{0{,}29}{b}$, *lire* $\frac{0{,}29}{1000\,b}$.

Page 51 et suiv., dans l'équation (4) et suivantes, *au lieu de* — H, *lire* + H.

Page 52 et suiv., dans l'équation (6) et suivantes, *au lieu de* $\log a$ et de R, *lire* $[\log a]$ et $[\mathrm{R}]$, les crochets désignant les modules de ces quantités.

Page 53, ligne 11, *au lieu de* $2\log \mathrm{I}$, *lire* $\frac{1}{2}\log \mathrm{I}$.

L'effet du terme $\frac{x'}{gL}$ dû à l'acuité visuelle est donc le même que si le coefficient de transparence a, qui intervient dans le chemin de retour des rayons vers l'observateur, était remplacé pour ce trajet x' par un autre coefficient de transparence fictif plus petit,

$$(9) \qquad a' = \frac{a}{10^{\frac{1}{gL}}} \quad \text{ou} \quad a'' = \frac{a}{10^{\frac{1}{gL}}},$$

suivant le cas.

L'effet de l'acuité visuelle sur la portée des projecteurs est donc analogue à l'effet de la transparence atmosphérique, mais plus fort, comme on le verra plus loin.

Une fois qu'on a introduit le coefficient a' ou a'' défini ci-dessus, la constante $H = \log E_0$, caractérisant l'éclairement minimum nécessaire pour la perception de forme, quelque petite que soit l'acuité visuelle demandée, peut constituer une constante d'éclairement minimum à petite distance dépendant seulement de la nature de l'objectif considéré.

On peut en effet, en passant des logarithmes aux nombres, déduire de l'équation (6) l'équation équivalente :

$$(10) \qquad I = \frac{E_0 x^2}{a^x a'^{x'}} \frac{1}{\left(k \frac{d^2}{p^2}\right)},$$

équation de même forme que l'équation donnée au début de ma précédente Note entre l'éclairement apparent E' et l'intensité lumineuse I,

$$I = \frac{E' x^2}{a^{x+x'} \left(k \frac{d^2}{p^2}\right)}.$$

Cette formule (10) peut permettre de construire des courbes de I en fonction de E_0 et x; en pratique, il convient de préférer l'équation (6) à l'équation (10) parce qu'elle est linéaire et se prête aux solutions graphiques.

L'emploi du coefficient fictif a' ne permettrait pas non plus la correction très commode que j'ai indiquée pour ramener le cas de $x' \neq x$ au cas de $x = x'$ par simple translation de l'échelle des I, en posant

$$a^{x+x'} = \frac{a^{2x}}{a^{x-x'}}.$$

Unités. — Les unités à employer dans les applications des formules sont le kilomètre pour les longueurs, le lux pour les éclairements (c'est-à-dire l'éclairement produit

par une bougie à 1^m; l'homogénéité exige alors comme unité d'intensité lumineuse la méga-bougie (une bougie $\times 10^6$), au lieu de la bougie.

L'unité d'acuité des physiologistes, ou acuité normale, correspond à la vision d'une lettre d'imprimerie dont les grands jambages sont vus sous un angle de 5 minutes; c'est celui sous lequel on voit une longueur ou hauteur de $1^m,45$ à 1^{km}.

L'acuité nécessaire pour voir un objet de hauteur b, mesurée en mètres, à 1^{km} sera $\frac{1,45}{b}$ de la normale.

Ordre de grandeur de la constante B. — Cette constante varie suivant les couleurs; d'après les travaux de Kœnig, B′ serait d'environ 0,43 de la normale, pour la vision par cônes, et B″ serait d'environ 0,043, soit 10 fois moins, pour la vision par bâtonnets. On en déduit pour nos formules, où l'angle est mesuré par b vu à 1000^m :

1° Pour les acuités supérieures à environ 0,15 de la normale, $B' = \frac{0,43}{1,45} = \frac{1}{3}$, d'où $\frac{1}{Bb} = \frac{3}{b}$; soit, par exemple, un objet de $7^m,25$ qui donne l'acuité $V = 0,20$ à 1^{km}, $\frac{1}{Bb} = \frac{3}{7,25} = 0,41$;

2° Pour les acuités inférieures à 0,15 de la normale, on aurait $B'' = \frac{1}{30}$ environ, $\frac{1}{B''b} = \frac{30}{b}$.

Signification de la constante $L = Bb$ (¹). — Quand on observe le but à l'œil nu, dans des conditions parfaites de transparence, l'équation (4) peut s'écrire

$$\frac{x'}{L} = \log\frac{E}{E_0}; \tag{4 bis}$$

on aura $x' = L$ quand $\frac{E}{E_0}$ sera égal à la base des logarithmes employés, soit ici 10. L est donc la distance limite à laquelle on percevra la forme des objets quand on soumettra le but à un éclairement égal à 10 fois l'éclairement liminaire E_0. Cette définition de la constante L permet d'éliminer de la question la longueur caractéristique de l'objet b, souvent difficile à définir et donne à la formule des portées une grande généralité, étant donné que L peut être déterminée par des expériences directes.

Détermination des constantes. — H et L s'obtiennent en traçant par points la droite qui relie x' et $\log E$,

$$x' = L(\log E - H), \tag{11}$$

en portant x' en ordonnées et $\log E$ en abscisses; L est déterminée par le coefficient angulaire de la droite et H par son abscisse à l'origine. Celle-ci sera toujours positive

(¹) La définition ci-dessous remplace celle donnée au début de ma précédente Note.

pour la vision par cônes (H′), mais elle peut être négative pour la vision par bâtonnets (H″).

J'ai indiqué déjà deux méthodes pour faire cette détermination; la suivante me paraît encore plus simple, parce qu'elle n'exige aucune modification de l'intensité lumineuse I du projecteur. L'observateur, tout en se plaçant à différentes distances successives d'un but éclairé d'une manière constante, observera ce but à travers un double photomètre à prismes absorbants, gradué directement en logarithmes de la transparence T, et réglera le photomètre de manière à obtenir pour chaque distance la limite de visibilité nette. Je fais construire en ce moment un petit appareil de ce genre pour la vision soit directe, soit par jumelle.

Limite d'emploi des valeurs L *et* H. — Le point de transition entre les deux cas de vision correspond à une valeur critique de l'acuité V voisine de 0,15 de l'acuité normale; voyons sur quelques exemples pratiques si cette valeur sera ou non dépassée pour les observateurs.

Soit d'abord une troupe de fantassins de $1^{m},75$ de hauteur moyenne, vue à l'œil nu; la visibilité doit être obtenue à partir de 500^{m} au moins. L'acuité visuelle correspondante sera seulement $\frac{1,45}{1,75}\frac{500}{1000} = 0,41$ de la normale. A 250^{m} elle se réduit à 0,20. Donc, en pratique, on aura $V > 0,15$. Même conclusion si l'Artillerie observe cette troupe à l'aide de jumelles, d'un grossissement moyen de 8, car alors la distance d'observation devra pouvoir être elle-même 8 fois plus grande. Une maison de ferme de 6^{m} de hauteur, examinée avec jumelles par l'Artillerie jusqu'à 10^{km}, exigera une acuité de

$$\frac{8}{10}\frac{1,45}{6,00} = 0,20 \text{ environ.}$$

On peut donc estimer que dans l'emploi des projecteurs sur terre les constantes à déterminer sont en général celles L′ et H′ de la vision par les cônes. Il en sera de même pour les observations sur mer, quand on voudra examiner jusqu'à 10^{km} avec des jumelles de grossissement 10 des détails ayant moins de $6^{m} \times 1^{m},20$ comme dimensions sur les navires dont ils font partie. Seuls les ensembles de navires (torpilleurs, sous-marins, etc.) peuvent se contenter de la vision par bâtonnets, car l'acuité visuelle nécessaire tombe au-dessous de 0,15.

On rencontre encore la vision par cônes dans l'éclairage des obstacles (personnes et voitures) par les projecteurs automobiles (improprement appelés *phares*) et par les fanaux de locomotive (car les portées utiles de 200^{m} à 500^{m} à l'œil nu actuellement réalisées sont même considérées comme trop faibles).

Il suffira donc, en général, de tracer les abaques pour les seules valeurs L′ et H′.

Importance de l'effet de la variation de l'acuité visuelle. — Si l'on applique la formule (9) au calcul de a' avec les valeurs ci-dessus de B, on trouve, pour un objet donnant (avec $g = 0$) l'acuité 0,20 à 1^{km} : $a' = \frac{a}{10^{0,41}}$ ou $a'' = \frac{a}{10^{4,1}}$,

suivant que la vision se fait par cônes ou par bâtonnets. Ces chiffres mettent facilement en évidence l'importance du phénomène d'acuité visuelle.

Soit, en effet, encore un objet de $7^{m},25$ de longueur (maison ou bateau) vu à l'œil nu à 1^{km} sous l'acuité visuelle $V = \frac{1,45}{7,25} = 0,20$ de la normale, grâce à l'éclairage juste suffisant d'un projecteur situé à la même distance ($x = x'$). Pour que le même objet puisse être vu avec la même netteté à une distance $x = x'$, cinq fois plus grande, il faudra, d'après la valeur de a', multiplier l'intensité de la source par $(10^{0,41})^5 = 100$ environ; en même temps l'augmentation de distance exigera que I soit multipliée par $5^2 = 25$, et l'absorption atmosphérique exigera une multiplication par $\frac{a^2}{a^{10}} = a^{-8}$; si l'on a, par exemple, $a = 0,70$, $a^8 = 0,06$. Au total, l'intensité devrait être multipliée par $\frac{100.25}{0,06} = 42000$ environ.

On comprend par cet exemple que la visibilité du but décroît très rapidement et beaucoup plus vite que la portée d'un phare, pour laquelle n'intervient dans l'expression de l'éclairement que le facteur $\frac{a^x}{x^2}$, au lieu de $\frac{a^x a'^{x'}}{x^2}$.

Application aux fanaux de locomotive. — Un des buts des fanaux de locomotive et d'automobile est de permettre au mécanicien d'apercevoir en temps utile un obstacle et notamment un homme traversant la voie. Des essais importants ont été faits récemment sur ce sujet aux États-Unis [1] et les résultats ont été traduits par des formules paraboliques de la forme simple $I = Ax^n$, en désignant par A et n deux constantes variables, suivant la nature de la lumière employée et suivant la couleur des vêtements d'un homme de taille moyenne traversant la voie dans le faisceau éclairant; n a varié de 2,60 à 4 dans ces expériences faites entre 0 et 600 mètres, par temps clair.

Le paragraphe précédent montre que des formules de ce genre ne peuvent représenter exactement les phénomènes et qu'elles devraient être remplacées par des formules de la forme (6) ou (10).

---

(1) *Special Report*, Headlight Committee A. R. M. M. A., june 1914. Voir aussi J.-L. Minick, The locomotive Headlight (*Trans. Illuminating Eng. Soc.*, 1914, n° 9, p. 909-925).

Influence de la nature de la lumière et de la coloration des objets. — La visibilité dépend beaucoup des contrastes. Il résulte par exemple des expériences de la Commission américaine, citée plus haut, qu'un homme habillé en gris clair ou même en bleu est vu à une distance bien plus grande qu'un homme habillé en noir; par exemple, avec une puissance lumineuse de 8000 bougies, on a trouvé les distances de 350^m, 180^m, 125^m. C'est que, dans la nuit, le fond du paysage reste obscur et l'objet éclairé se détache sensiblement sur fond noir (sauf s'il est très près d'un mur), tandis que, pendant le jour, tout le fond du paysage est éclairé plus ou moins fortement. Si l'on applique cette remarque aux uniformes de l'Infanterie, on voit que les draps gris bleu, qui donnant un minimum de visibilité pendant le jour, sont bien moins favorables pour la nuit que des draps brun ou bleu foncé, surtout si les projections sont faites par lumière électrique, plus riche en rayons bleus et violets que les autres lumières artificielles.

Les lumières monochromatiques donnent, par suite des défauts de correction de l'œil, une acuité visuelle supérieure aux lumières mélangées aux lumières polychromatiques ([1]). A ce point de vue, les projecteurs à miroirs dorés, qui conservent la partie la plus utile des rayons lumineux, tout en réduisant considérablement les rayons très réfrangibles, favorisent la visibilité. La quantité de lumière renvoyée en arrière vers l'observateur par les vésicules d'eau ou poussières contenues dans l'atmosphère sur le trajet du faisceau étant proportionnelle à l'inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde ([2]), il y a avantage à éliminer les rayons les plus réfrangibles du spectre de la source à employer.

Il importe d'ailleurs, pour augmenter les contrastes des ombres des objets éclairés, que la direction de visée des observateurs fasse un angle aussi grand que possible avec la direction du faisceau lumineux. Cette condition est également favorable pour réduire l'éclairement latéral de la rétine, qui a une influence défavorable.

([1]) Cf. M. Luckiesh, *Electrical World*, 19 août 1911, p. 450, et 18 novembre 1911, p. 1252. — J.-S. Dow, *Electrical World*, 14 octobre 1911, p. 955. — Louis Bell, *Electrical World*, 9 septembre 1911, p. 637.

([2]) D'après les théories de Airy, Lord Rayleigh, etc. C'est ce qui explique surtout, comme je l'ai montré ailleurs (*Revue franco-brésilienne*, 14 juillet 1912), les résultats des miroirs dorés.

MÉMOIRES LUS.

Nouveaux traitements des blessures des nerfs par les projectiles ([1]),
par M. E. Delorme.

Les méthodes nouvelles et les perfectionnements auxquels j'ai recours pour le traitement des paralysies consécutives aux blessures des nerfs par les projectiles sont consignés dans un Mémoire inédit que j'ai adressé, en décembre dernier, à l'Académie des Sciences. J'ai attendu, pour les faire connaître publiquement, qu'une expérience basée sur 90 opérations et comprenant les cas les plus variés m'ait éclairé sur les possibilités et les particularités de leur application.

Les paralysies consécutives aux blessures des nerfs par les projectiles sont très fréquentes. Contre celles qui persistent, les traitements employés ne sont que trop souvent insuffisants. Les opérations pratiquées consistent d'ordinaire en libérations cicatricielles périphériques ou en dégagements de nerfs englobés dans les cals. Elles devraient embrasser tous les cas que la nature et les traitements médicaux ont été impuissants à guérir.

La délicatesse des interventions impose de les réserver à des chirurgiens de carrière. Elles ne doivent être tentées qu'ultérieurement.

Les blessures des nerfs par les projectiles ne ressemblent que de très loin aux lésions observées dans la pratique journalière, qui sont le plus souvent des sections nettes produites par les instruments tranchants. Ici ce sont des *sections* avec de grandes pertes de substance aggravées par les processus infectants; ce sont des *perforations axiles*, centrales ou périphériques, se terminant par des *névromes;* ce sont des *sillons* périphériques suivis également de la formation de *névromes;* des *contusions* sans ou avec des *destructions* localisées ou étendues; des *englobements* dans des cals ou des cicatrices; des blessures avec séjour, dans le nerf, de *corps étrangers* (fragments de vêtement, de projectiles, esquilles).

Les procédés opératoires doivent être différents de ceux employés dans des lésions dissemblables.

([1]) Séance du 18 janvier 1915.

Les principes qui servent de base à mes procédés sont les suivants :

Sacrifier d'un nerf les masses de tissu fibreux, franchement cicatriciel, qui interrompent la continuité de ses tubes nerveux ;

Aviver ce nerf, par des tranches successives, jusqu'à ce que sa coupe montre un semis régulier de tubes sains ou d'apparence saine.

L'opérateur n'a pas à se laisser trop dominer par la pensée des difficultés qu'il éprouvera à assurer l'affrontement : s'il a à se garder expressément de tout sacrifice inutile, s'il ne doit faire que le nécessaire, il faut qu'il fasse ce nécessaire. Si la suture directe est impossible, il s'adressera à la greffe par dédoublement ou par approche.

Pour assurer l'affrontement direct, après des pertes de substance étendues, on aura recours à un *dégagement médiat, à distance*, des segments, combiné avec une position du membre qui relâche le nerf à suturer.

Voici comment je procède dans les différentes catégories de lésions que je viens de rappeler :

I. Pour les *sections :* Par une incision d'étendue appropriée, je mets bien à découvert les bouts supérieur et inférieur du nerf, le plus souvent névromateux; je les dégage, ainsi que le tissu intermédiaire qui les unit, de leurs adhérences très intimes, localisées ou diffuses, aux tissus voisins.

Je charge sur mon doigt ou sur une fine compresse le nerf libéré. J'incise ensuite verticalement le tissu intermédiaire. Je m'assure qu'il ne contient pas d'éléments nerveux organisés. S'il en est dépourvu, je le sectionne alors transversalement pour plus de sûreté, petit à petit, dans presque toute son épaisseur, à sa partie moyenne, avec un couteau de de Groëfe. Si ce nouveau contrôle me donne le même résultat négatif, je pratique à 2^{mm} ou 3^{mm} au-dessus une nouvelle tranche transversale; je procède à un nouvel examen et, allant de section par tranche en section, je m'arrête quand la tranche obtenue me permet de reconnaître nettement et sur toute sa surface la coupe régulière des tubes d'apparence saine.

La caractéristique de mon mode opératoire consiste surtout dans *l'examen très méthodique, très méticuleux, tranche par tranche, du tissu malade, dans son ablation systématique et complète et l'avivement en tissu d'apparence saine.*

Une position spéciale des segments du membre qui relâche le nerf, son dégagement médiat à distance facilitent l'affrontement que je maintiens presque exclusivement par des sutures névrilemmatiques multipliées, fermant très exactement toute la circonférence de la plaie.

II. *Perforations centrales.* — Le canal de la plaie, le séton à paroi contuse laissé par le projectile dans la continuité d'un nerf, se cicatrise en donnant lieu à un névrome. Ce névrome, je l'ai constaté un très grand nombre de fois, est constitué par du tissu fibreux pur, d'apparence sarcomateuse, lardacé au début, nacré à une période plus tardive. Ce fibrome, qui occupe un quart, un tiers, la moitié, les trois quarts du nerf sans qu'on puisse apprécier exactement son étendue à l'inspection extérieure du nerf, je l'*excise*, je le *sculpte*, je l'*énuclée*, ménageant, par une dissection méticuleuse, les éléments nerveux voisins. Quand le névrome a envahi la totalité du diamètre du nerf, je fais subir à celui-ci une *résection transversale*.

L'étendue de ces fibromes cicatriciels qui interrompent la continuité nerveuse est en rapport étroit avec la grande vitesse du projectile, son trajet oblique, l'intensité et la durée des phénomènes réactionnels; elle peut dépendre de certaines prédispositions individuelles qui se retrouvent dans la genèse de toute cicatrice.

Voilà pour le principe de ma méthode dans les cas de perforation. Je résumerai ainsi son application :

Le nerf perforé est mis à nu. Sa continuité n'est pas interrompue, mais il est névromateux. Il est très adhérent aux tissus voisins. Ses adhérences les plus intimes correspondent au trajet du projectile. Ce trajet est-il transversal, les adhérences latérales sont dans un plan transversal; est-il antéro-postérieur, les adhérences périphériques sont antéro-postérieures. Ce caractère est si précis que, lorsque je le constate, je songe à une perforation dont un examen ultérieur confirme le plus souvent l'existence.

Le nerf étant libéré, je l'isole sur une compresse de gaze ou sur mon index gauche, puis je l'incise longitudinalement au niveau du névrome, en dépassant quelque peu ses limites. Avec deux fils de catgut passés à travers chaque lèvre de la plaie faite au névrilème, je mets le tissu fibreux bien à découvert. Je le sculpte alors, non de parti pris, mais en tâtonnant, n'abrasant que lui et conservant avec soin les tubes sains rencontrés. D'ordinaire, la forme de ce névrome est assez régulière; il est arrondi ou ovoïde; il a habituellement 1^{cm} ou 2^{cm} de diamètre.

Les fibres nerveuses avivées sont réunies par la suture. Les faisceaux conservés forment une ou deux anses latérales.

III. Les *névromes excentriques* des *échancrures* des nerfs, ceux déterminés par la présence de *corps étrangers*, sont l'objet des mêmes vérifications et, s'il y a lieu, des mêmes excisions du tissu de cicatrice de la plaie, tissu qui

est un obstacle certain, permanent à la transmission régulière de l'influx nerveux. Le nerf suturé prend une forme globuleuse.

IV. Les *contusions* graves aboutissent à des *destructions du nerf* dans une étendue variable de son trajet. Souvent le névrilème aplati ne renferme plus qu'une substance altérée, parfois kystique, différente d'aspect suivant les points, mais qui n'a plus rien de celle d'un nerf normal. Aux limites de l'attrition, le nerf présente un névrome, le plus souvent sur le bout supérieur, ou souvent deux névromes, un sur chaque bout.

Je vérifie par une incision axile, puis au besoin par une incision transversale, l'état du nerf dans sa partie douteuse. S'il est foncièrement altéré, je le sectionne par tranches successives de 2^{mm} en 2^{mm}, et quand je suis arrivé à des surfaces saines, je réunis par la suture les deux segments.

Si l'étendue de la perte de substance ne permet pas une suture directe, je pratique une greffe par dédoublement ou une greffe par approche du bout inférieur ou des deux bouts dans un nerf voisin.

Cette technique découle toujours de mon principe général :

Dégager les nerfs de leur tissu cicatriciel ou des tissus altérés irrémédiablement et qui interrompent la continuité de leur conductibilité.

V. J'ai constaté que les *enclavements* de nerfs dans les cals et les cicatrices sont souvent des *sections*, des *perforations* ou des *contusions cicatrisées;* que lorsque la continuité du nerf ne semble pas être interrompue, celle-ci l'est réellement quant à celle des tubes nerveux.

Comme les apparences du nerf ne suffisent pas pour fixer l'opérateur sur la nature des dégâts, il constatera *de visu*, par des incisions axiles, la présence ou l'absence des tubes nerveux sains ou d'apparence saine dans le tissu cicatriciel lorsque le nerf présente sur sa continuité une forme irrégulière, des amincissements, des élévations névromateuses. S'abstenir de ces *contrôles directs* et se contenter d'un dégagement comme on le fait communément, c'est s'exposer à faire une opération inutile, décevante pour le blessé et le chirurgien.

Quand le nerf ne contient pas ou ne contient que peu de tubes nerveux dans sa continuité, il ne faut pas hésiter à l'exciser en bon lieu et suturer ses deux bouts.

C'est là encore une pratique nouvelle, à laquelle je ne me suis attaché que par étapes successives, et je regrette aujourd'hui les opérations faites suivant l'ancien mode, trop conservateur.

En résumé, par mes principes différents de ceux acceptés communément et par mes faits, j'apporte une contribution importante à la thérapeutique chirurgicale des blessures des nerfs par les projectiles.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les Tomes XIII et XIV (deuxième série) des *Atti dell'Istituto botanico dell'Università di Pavia*, redatti da Giovanni Briosi.

M. **J. Surcouf** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la région rouge du spectre des étoiles de Wolf-Rayet.* Note de M. **J. Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

On sait que les étoiles découvertes en 1867 par les deux astronomes français Ch. Wolf et G. Rayet possèdent la très remarquable particularité d'avoir un spectre entièrement formé de raies brillantes, parfois même sans fond continu. A part une étoile invisible à Paris, leur éclat ne dépasse malheureusement guère la 7ᵉ grandeur, ce qui les a fait longtemps négliger. Les rapports étroits de ces astres avec les Novæ et avec les nébuleuses planétaires sont cependant devenus aujourd'hui si évidents qu'ils attirent de plus en plus l'attention sur eux et leur intérêt cosmogonique de premier ordre est déjà hors de doute.

Nous nous sommes proposé de photographier la partie rouge du spectre de ces étoiles, principalement au moyen de plaques Lumière violettes sensibilisées par nos soins à la dicyanine. Nous nous sommes servi de la chambre prismatique à miroir de $0^{m},25$ et de $0^{m},75$ de distance focale, qui a été organisée à Meudon en 1909 par MM. Deslandres et Bernard, et que sa grande luminosité rend fort précieuse dans l'étude des astres faibles. Nos observations s'étendent du 4 juin 1913 au 29 juin 1914 : elles portent sur 75 clichés posés le plus souvent 2 heures, parfois 3 heures ou 3 heures et demie, et concernent une quinzaine d'étoiles de Wolf-Rayet, classées

comme telles (1), ainsi que quelques nébuleuses planétaires soupçonnées par nous d'avoir avec ces dernières une parenté.

Beaucoup d'étoiles de Wolf-Rayet — sans doute peu éloignées de la fin de leur évolution — n'ont qu'un spectre continu renforcé de quelques raies d'émission dont λ4688 est la principale, tandis que la seconde raie caractéristique du type, λ4652, est faible ou absente (comme aussi les raies ordinaires de l'hydrogène). Jusqu'ici les étoiles de ce genre n'ont guère paru donner de raies au delà de H_α : le spectre reste continu, souvent jusque vers λ720.

Tel a été le cas pour :

B.D. 3987 + 36° (gr. 8,1), 4010 + 38° (gr. 8,7), 2683 + 59° (gr. 9,0), 2402 + 58° (gr. 5,6), 3930 + 35° (gr. 6,7).

L'étoile B.D. 1172 — 12° (gr. 9,2), intermédiaire entre les nébuleuses et les Wolf-Rayet, n'a révélé nettement dans le rouge que la raie H_α, très forte, avec peut-être λ6395; mais d'autres offrent plus d'intérêt : c'est ainsi que nous avons obtenu les raies suivantes (2) dont les intensités sont notées :

B.D. 3821 + 39°, gr. 7,1 (7 clichés).
711.(3), 691.(2), 6675(2), 6563(5, H_α), 643.(2), 6395(2), 624.(1).

B.D. 4001 + 35°, gr. 8,5 (6 clichés).
711.(2), 691.(2), 677.(2), 6678(3), 6563(5, H_α), 643.(1), 6395(1).

B.D. 4013 + 35°, gr. 8,0 (8 clichés).
6718(3), 664.(?), 657.(5, H_α), 6425(2), 6300(1), 624.(?).

B.D. 3639 + 30°, gr. 9,5 (8 clichés).
6717(2), 6570(20, H_α), 630.(?).

B.D. 3571 + 43°, gr. 7,5 (1 cliché).
6715(1), 6563(5, H_α), 642.(2).

(1) W.-W. Campbell, *Astronomy and Astrophysics*, vol. XIII, 1894, p. 448. — Mrs Fleming, *Annals of Harvard College Observatory*, vol. LVI, n° VI, p. 165.

(2) Nous adressons ici nos plus vifs remercîments à MM. Hamy et Perot qui nous ont prêté un microscope spécialement approprié à la mesure de très petits clichés. — Nos longueurs d'onde ne sont que provisoires : elles ont été calculées par la formule de Cornu, en partant des raies de l'hydrogène dans Véga; les λ supérieurs à 656 sont donc extrapolés. Une vérification sur la raie B de Sirius a permis d'espérer une précision de 5Å; mais il est certain que le dernier mot appartient toujours en cette matière aux spectroscopes à fente.

Nous avons cherché si certaines de ces raies rouges, par exemple celles de l'étoile de Campbell ([1]), ne se retrouveraient pas dans les nébuleuses planétaires gazeuses où la raie verte λ500 est, comme dans cette étoile, plus ou moins invisible, tandis que λ372 apparaît au contraire très intense : N.G.C. 40 est dans ce cas assez rare; mais elle est bien faible. Sur un de nos clichés on y aperçoit cependant une raie à λ6713.

D'ailleurs, les analogies observées dans la région photographique se poursuivent en général au delà. Ainsi B.D. 4013 + 35°, déjà voisine de B.D. 3639 + 30° par la prédominance considérable de λ5693 et surtout de λ4652, jointe à la faiblesse des raies de l'hydrogène stellaire λλ4688 et 5413, lui ressemble aussi dans le rouge. De même B.D. 3571 + 43° paraît également rattacher l'étoile de Campbell aux autres. — Les deux étoiles B.D. 4001 + 35° et 3821 + 37° ont aussi des traits communs, opposés à ceux des précédentes : l'hydrogène de Rydberg λ4688 et celui de Pickering λ5413 y sont plus intenses, alors que les radiations λλ5693 et 4652 s'affaiblissent. Leurs raies rouges sont encore similaires ([2]).

Parmi les raies rouges reconnues par nous, il en est une assez forte de longueur d'onde approchée 6677, qui se voit dans les étoiles B.D. 3821 + 37° et 4001 + 35°. Cette raie appartient à l'hélium, dont ces étoiles renferment du reste bien d'autres radiations. Elle a été observée, semble-t-il, dans le spectre de plusieurs Novæ et notamment dans celui de Nova Geminorum n° 2 ([3]) et de Nova Persei ([4]). Cette raie, et avec elle

---

([1]) C'est l'étoile B.D. 3639 + 30°, qui est entourée d'une atmosphère d'hydrogène la rapprochant des nébuleuses planétaires. Tout dernièrement, à Lick, M. Wright a précisé encore cette parenté (*Astroph. Journal*, t. XL, décembre 1914, p. 466).

([2]) Il est assez curieux que certaines des raies signalées ici semblent avoir été prédites, à l'aide de considérations théoriques sur la structure des atomes, par M. J.-W. Nicholson (*Monthly Notices*, t. LXXIV, déc. 1913, p. 118), qui annonça précisément dans les étoiles de Wolf-Rayet les radiations λλ7137, 6767, 6912 et 6584. Or la dernière, très forte, a été effectivement observée à Lick dans B.D. 3639 + 30° — avec une autre, il est vrai, λ6548 (P. Merrill, *Lick Obs. Bulletin*, t. VII, 1913, p. 129) : c'est même pour cette raison que la raie H_α paraît décalée dans cette étoile.

([3]) W.-S. Adams et J.-B. Lasby, *Monthly Notices*, t. LXXIII, 1913, suppl., p. 742.

([4]) Cortie, même Recueil, t. LXI, 1901, p. 464. — Miss Clerke (*Probl. in Astrophysics*, p. 376) indique aussi cette raie comme observée dans Nova Aurigæ; mais elle confond peut-être, croyons-nous, avec λ6715 (voir plus loin).

beaucoup d'autres (¹) des étoiles de Wolf-Rayet, est également visible dans les protubérances solaires et dans la chromosphère, ce qui, on le sait, est fréquemment le cas pour les raies des étoiles nouvelles.

Quant aux raies du groupe comprenant l'étoile de Campbell, Sir W. Huggins a probablement observé la principale, à laquelle il attribue la longueur d'onde 6715 dans Nova Aurigæ au début de février 1892, et son observation est confirmée par Campbell et Espin (²). La radiation $\lambda 630$ était aussi visible dans Nova Aurigæ. On pourrait encore relever d'autres coïncidences.

Ainsi donc, le type spectral de Wolf-Rayet qui — de nombreuses recherches l'ont démontré (³) — succède à l'état nébulaire comme terme final de l'évolution des Novæ, offre sans cesse, à mesure qu'on l'étudie, plus de similitude avec celles-ci. Tout semble donc indiquer que les étoiles de Wolf-Rayet ne sont que les vestiges affaiblis d'anciennes Novæ apparues au cours des siècles passés. Peut-être ce rapprochement donne-t-il, sur l'origine même des unes et des autres, une indication de quelque intérêt.

On sait que les étoiles nouvelles apparaissent de préférence dans la Voie lactée; mais leur statistique est encore peu nombreuse et une ou deux exceptions suffisent à la troubler. Or les étoiles de Wolf-Rayet dépassent la centaine; elles sont toutes soit très près de la Voie lactée, soit dans les Nuées de Magellan ou dans d'autres amas. On est alors plus sérieusement en droit de penser qu'une très forte densité stellaire est nécessaire au phénomène. Mais si la naissance d'une Nova était indépendante des astres voisins, le nombre des cas observés serait simplement proportionnel à celui des étoiles de la région : il y aurait bien concentration, mais *non pas très accentuée*. Au contraire, dans un système contenant, par unité de volume, n étoiles animées de vitesses, distribuées au hasard, la probabilité d'un

(¹) H.-C. Vogel avait trouvé dans Nova Aurigæ, en 1892 (Frost, *Astronomical Spectroscopy*, p. 286), une raie qu'il croyait être $\lambda 7066$ de la chromosphère et qui appartient aussi à l'hélium : il ne serait pas impossible que la forte raie que nous avons reconnue dans B.D. 3821 + 38° et 4001 + 35° soit double; la composante la moins réfrangible pourrait *peut-être* coïncider avec la raie de Vogel.

(²) Miss Clerke, *History of Astronomy*, 1902, p. 396, *Pl. V*. — Voir aussi : Campbell *Astronomy and Astrophysics*, 1892, p. 573, et Espin, *Astr. Nachr.*, n° 3124, p. 51.

(³) Voir entre autres : W.-S. Adams et F.-G. Pease, *Astroph. Journal*, t. XL, 1914, p. 296.

choc (¹) n'est pas proportionnelle à n, *mais à* n^2, ce qui expliquerait fort bien la netteté du fait constaté. Les choses se passent, en somme, comme si l'intervention de deux astres était indispensable, soit que le dégagement d'énergie provienne directement du choc, soit plutôt qu'il naisse d'explosions dues à des marées internes (²) ou à toute autre cause.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1913 *f* (*Delavan*), *faites à l'Observatoire de Paris* (*équatorial tour de l'Ouest de* 0ᵐ,305 *d'ouverture*). Note de M. F. **Devoto**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1914.	Étoiles.	Temps sidéral.	☄ — ★. ΔR.	☄ — ★. ΔD.	Nombre de compar.
		h m s	m s	′ ″	
Déc. 24......	*a*	12.55.49,30	+2. 7,85	−1.18,6	6:2
» 28......	*b*	12.55. 4,03	+3.35,40	−4.15,9	3:1
» 28......	*c*	13.30.21,60	+4.17,22	+1.25,5	3:1
» 29......	*d*	12.52.12,16	+2.10,42	+0. 0,1	12:4
1915.					
Janv. 8......	*e*	13.33.57,45	−0.44,02	+3.21,6	6:2
» 11......	*f*	13.49.33,66	+0.25,56	+1.17,1	9:3
» 18......	*g*	14.16.36,67	−1.51,30	−3. 4,3	3:3

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

Dates. 1914.	Étoiles.	Gr.	R moyenne pour 1914,0, 1915,0.	Réduction au jour.	D moyenne pour 1914,0, 1915,0.	Réduction au jour.	Autorités.
			h m s	s	° ′ ″	″	
Déc. 24......	*a*	8,4	16.30.42,45	+2,46	− 7.45.30,5	−14,8	A.G., 5736 Wien Ottakrin
» 28......	*b*	9,0	16.35.35,63	+2,57	− 9.16.20,2	−14,7	A.G., 5761 »
» 28......	*c*	6,9	16.34.56,74	+2,58	− 9.22.52,3	−14,7	A.G., 5757 »
» 29......	*d*	9,1	16.38.34,77	+2,60	− 9.43.23,3	−14,5	B.D., −9, 4439
1915.							
Janv. 8......	*e*	6,7	16.56.23,33	−0,49	−13.25.56,8	− 8,2	A.G., 5826 Cambridge U.S
» 11......	*f*	9,2	16.59.25,61	−0,42	−14.26.16,9	− 8,3	B.D., −14, 4532
» 18......	*g*	9,1	17.11. 3,00	−0,27	−16.42.27,1	− 8,4	A.G., 6179 Washington

(¹) Il suffit, pour qu'il y ait « choc astronomique » que les deux corps passent assez près pour être très déviés : le rayon d'action ne serait pas ainsi de l'ordre de celui du Soleil, mais sans doute supérieur à celui de l'orbite neptunienne, ce qui augmente beaucoup les chances d'un « choc » ainsi défini. Au sujet de la probabilité même des chocs et bien que le fait énoncé par nous paraisse évident, voir : L. Boltzmann, *Leçons sur la théorie des gaz*, t. I, p. 65.

(²) Comme certaines théories actuelles sont portées à l'admettre accessoirement. (Voir par exemple : Deslandres, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1325.)

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1914.	Temps moyen de Paris.	Æ apparente.	Log. fact. parallaxe.	Ⓓ apparente.	Log. fact. parallaxe.	Étoiles.
	h m s	h m s		° ′ ″		
Déc. 24..	18.44. 5,38	16.32.52,76	$\bar{1},5011_n$	— 7.47. 3,9	0,8446	*a*
» 28..	18.27.36,58	16.39.13,60	$\bar{1},5123_n$	— 9.20.50,8	0,8472	*b*
» 28..	19. 2.48,37	16.39.16,54	$\bar{1},4591_n$	— 9.21.41,5	0,8542	*c*
» 29..	18.20.49,26	16.40.47,79	$\bar{1},5037_n$	— 9.43.37,7	0,8470	*d*
1915.						
Janv. 8..	18.23. 8,59	16.55.38,82	$\bar{1},4866_n$	—13.22.43,4	0,8617	*e*
» 11..	18.26.54,51	16.59.50,75	$\bar{1},4697_n$	—14.25. 8,1	0,8669	*f*
» 18..	18.26.21,69	17. 9 11,43	$\bar{1},4416_n$	—16.45.39,8	0,8771	*g*

Remarques. — Décembre 24. — L'aspect de la comète est celui d'une masse vaporeuse arrondie de 40″ de diamètre avec un noyau de grandeur 7,0, qui ressort suffisamment sur la nébulosité environnante, mais pas avec assez de netteté pour qu'on puisse mesurer avec exactitude son diamètre de 4″-6″ environ. Pas de queue. La lumière du crépuscule et la position de la comète, très voisine de l'horizon, s'opposent àce que les bords extrêmes de la nébulosité soient aperçus.

Décembre 28. — Pas de changement dans l'aspect de la comète.

Décembre 29. — Les conditions inégales du ciel pendant la durée des observations donnent aussi un aspect inégal à l'étendue de la nébulosité qui environne le noyau, mieux défini que les jours précédents. A un moment on aurait dit que son diamètre s'était notablement accru.

Janvier 8. — La comète est encore une nébulosité bien arrondie avec une condensation centrale dont l'éclat ne dépasse pas la grandeur 8.

Janvier 11. — Le noyau semble plus réduit.

Janvier 18. — Ciel très médiocre : la comète s'est beaucoup affaiblie, mais sa forme n'a pas changé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions quadruplement périodiques.* Note de M. S. **Stoilow**, présentée par M. Émile Picard.

1. Il existe toujours, entre une fonction quadruplement périodique de deux variables ayant partout le caractère d'une fonction rationnelle, et ses deux dérivées premières, une relation algébrique d'un degré généralement supérieur à *un*. On peut se demander si, entre une pareille fonction, soit $f(x, y)$ et un nombre quelconque de ses dérivées partielles, il ne pourrait y avoir une relation *linéaire* à coefficients constants.

Je vais montrer que les fonctions $f(x, y)$ qui remplissent cette condition sont d'un type très particulier.

2. Les résultats de M. Delassus [1], sur les singularités possibles pour les intégrales des équations linéaires aux dérivées partielles, imposent déjà une restriction considérable à la généralité des fonctions en question.

En effet les équations étant à coefficients constants, les multiplicités régulières de $f(x, y)$ doivent être linéaires, c'est-à-dire avoir des équations de la forme $ax + by + c = 0$, a, b et c étant des constantes.

3 Je vais maintenant établir la proposition suivante : *Une fonction quadruplement périodique de deux variables, à singularités linéaires, ne peut avoir plus de quatre familles différentes de singularités*. Soit $f(x, y)$ la fonction et soient

$$x = \text{const.}, \quad y = \text{const.}, \quad \alpha_0 x + \beta_0 y = \text{const.},$$
$$\alpha_1 x + \beta_1 y = \text{const.} \quad \text{et} \quad \alpha_2 x + \beta_2 y = \text{const.}$$

les cinq familles singulières *distinctes* supposées existantes, et dont les deux premières ont été réduites à la forme indiquée par un changement linéaire de variables, qui n'altère pas la nature de $f(x, y)$.

Soient alors (ω_1, ω'_1), (ω_2, ω'_2), (ω_3, ω'_3) (ω_4, ω'_4) les quatres couples de périodes.

Soient encore $x - a = 0$, $y - b = 0$, $\alpha_0 n + \beta_0 y - c_0 = 0$, $\alpha_1 x + \beta_1 y - c_1 = 0$, $\alpha_2 x + \beta_2 y - c_2 = 0$, cinq multiplicités singulières des cinq familles différentes supposées existantes.

Toute multiplicité de l'espèce à quatre dimensions dont l'équation aura l'une des formes suivantes :

$$x - a = \lambda_1 \omega_1 + \lambda_2 \omega_2 + \lambda_3 \omega_3 + \lambda_4 \omega_4,$$

$$y - b = \sum_{i=1}^{i=4} \lambda_i \omega'_i,$$

$$\alpha_0 x + \beta_0 y - c_0 = \sum_{i=1}^{i=4} \lambda_i (\alpha_0 \omega_i + \beta_0 \omega'_i),$$

$$\alpha_1 x + \beta_1 y - c_1 = \sum_{i=1}^{i=4} \lambda_i (\alpha_1 \omega_i + \beta_1 \omega'_i),$$

$$\alpha_2 x + \beta_2 y - c_2 = \sum_{i=1}^{i=4} \lambda_i (\alpha_2 \omega_i + \beta_2 \omega'_i),$$

---

[1] *Thèse de doctorat*, Paris, 1895.

les λ_i étant des entiers quelconques, est une multiplicité singulière de $f(x, y)$.

Pour qu'il ne soit pas possible de choisir les λ_i, tels qu'au voisinage de toute singularité il se trouve une infinité d'autres singularités, il faut qu'on ait

$$(1)\quad \begin{cases} \sum_{i=1}^{i=4} A_i\omega_i = 0, & \sum_{i=1}^{i=4} B_i\omega_i = 0, \\ \sum_{i=1}^{i=4} C_i\omega'_i = 0, & \sum_{i=1}^{i=4} D_i\omega'_i = 0, \\ \sum_{i=1}^{i=4} E_i(\alpha_0\omega_i + \beta_0\omega'_i) = 0, & \sum_{i=1}^{i=4} F_i(\alpha_0\omega_i + \beta_0\omega'_i) = 0, \\ \sum_{i=1}^{i=4} K_i(\alpha_1\omega_i + \beta_1\omega'_i) = 0, & \sum_{i=1}^{i=4} L_i(\alpha_1\omega_i + \beta_1\omega'_i) = 0, \\ \sum_{i=1}^{i=4} M_i(\alpha_2\omega_i + \beta_2\omega'_i) = 0, & \sum_{i=1}^{i=4} N_i(\alpha_2\omega_i + \beta_2\omega'_i) = 0, \end{cases}$$

où les lettres A, B, C, D, E, ..., désignent des entiers. Ces relations doivent être toutes distinctes; on peut donc prendre pour nouvelle base du système de périodes

$$\begin{aligned} \varpi_1 &= \Sigma A_i\omega_i, & \varpi'_1 &= \Sigma A_i\omega'_i, \\ \varpi_2 &= \Sigma B_i\omega_i, & \varpi'_2 &= \Sigma B_i\omega'_i, \\ \varpi_3 &= \Sigma C_i\omega_i, & \varpi'_3 &= \Sigma C_i\omega'_i, \\ \varpi_4 &= \Sigma D_i\omega_i, & \varpi'_4 &= \Sigma D_i\omega'_i, \end{aligned}$$

c'est-à-dire les couples : $(0, \varpi'_1)$, $(0, \varpi'_2)$, $(\varpi_3, 0)$, $(\varpi_4, 0)$. Pour ces nouveaux couples, il existera des relations telles que (1) qui donneront, en conservant les mêmes notations et en éliminant α_0, α_1, α_2, β_0, β_1 et β_2 :

$$(2)\quad \begin{cases} \dfrac{E_3\varpi_3 + E_4\varpi_4}{F_3\varpi_3 + F_4\varpi_4} = \dfrac{E_1\varpi'_1 + E_2\varpi'_2}{F_1\varpi'_1 + F_2\varpi'_2}, \\ \dfrac{K_3\varpi_3 + K_4\varpi_4}{L_3\varpi_3 + L_4\varpi_4} = \dfrac{K_1\varpi'_1 + K_2\varpi'_2}{L_1\varpi'_1 + L_2\varpi'_2}, \\ \dfrac{M_3\varpi_3 + M_4\varpi_4}{N_3\varpi_3 + N_4\varpi_4} = \dfrac{M_1\varpi'_1 + M_2\varpi'_2}{N_1\varpi'_1 + N_2\varpi'_2}. \end{cases}$$

Ceci donnera trois équations linéaires homogènes à coefficients entiers entre les quatre inconnues $\varpi'_1\varpi_3$, $\varpi'_2\varpi_3$, $\varpi'_1\varpi_4$, $\varpi'_2\varpi_4$; on tirera $\varpi'_1\varpi_3$ en

fonction de $\varpi'_1 \varpi_4$ et $\varpi'_2 \varpi_4$ des première et deuxième, et ensuite des deuxième et troisième. Il est facile de se convaincre, en écrivant les équations, que, pour que la comparaison entre ces deux valeurs de $\varpi'_1 \varpi_3$ ne donne pas une relation

$$A\varpi'_1 \varpi_4 + B\varpi'_2 \varpi_4 = 0,$$

où A et B sont deux entiers, différents de zéro, et par conséquent une relation à coefficients entiers entre ϖ'_1 et ϖ''_2, *il faut et il suffit* qu'on ait des relations telles que

$$(3) \qquad \frac{K_3 L_1 - L_3 K_1}{M_3 N_1 - M_1 N_3} = \frac{K_4 L_1 - L_4 K_1}{M_4 N_1 - M_1 N_4} = \frac{K_3 L_2 - K_2 L_3}{M_3 N_2 - M_2 N_3} = \frac{K_4 L_2 - K_2 L_4}{M_4 N_2 - M_2 N_4};$$

or ceci entraînerait $\frac{\alpha_2}{\beta_2} = \frac{\alpha_1}{\beta_1} R$, où R désigne un nombre rationnel. En effet, en écrivant les relations (1) qui donnent les deuxième et troisième relations (2), savoir

$$(1)' \qquad \begin{cases} K_3 \varpi_3 + K_4 \varpi_4 = \frac{\alpha_1}{\beta_1}(K_1 \varpi'_1 + K_2 \varpi'_2), \\ L_3 \varpi_3 + L_4 \varpi_4 = \frac{\alpha_1}{\beta_1}(L_1 \varpi'_1 + L_2 \varpi'_2), \\ M_3 \varpi_3 + M_4 \varpi_4 = \frac{\alpha_2}{\beta_2}(M_1 \varpi'_1 + M_2 \varpi'_2), \\ N_3 \varpi_3 + N_4 \varpi_4 = \frac{\alpha_2}{\beta_2}(N_1 \varpi'_1 + N_2 \varpi'_2), \end{cases}$$

et en éliminant ϖ_4 entre les deux premières d'abord, entre les deux dernières ensuite, on obtient

$$(K_3 L_4 - L_3 K_4)\varpi_3 = \frac{\alpha_1}{\beta_1}[(K_1 L_4 - K_4 L_1)\varpi'_1 + (K_2 L_4 - K_4 L_2)\varpi'_2],$$

$$(M_3 N_4 - M_4 N_3)\varpi_3 = \frac{\alpha_2}{\beta_2}[(M_1 N_4 - M_4 N_1)\varpi'_1 + (M_2 N_4 - M_4 N_2)\varpi'_2];$$

ce qui, par division et en tenant compte de (3), donne

$$\frac{\alpha_1}{\beta_1} = R\frac{\alpha_2}{\beta_2},$$

R étant rationnel. Or cela n'est pas possible, car trois des relations (1)' donneraient alors, par le même raisonnement que la relation (2) a donné (3), les relations

$$\frac{K_1}{L_1} = \frac{K_2}{L_2} = \frac{K_3}{L_3} = \frac{K_4}{L_4},$$

et les relations $(1)'$ ne seraient plus *distinctes*, ce qui est contre l'hypothèse.

Il résulte de là que l'hypothèse faite au début, que la fonction $f(x,y)$ a *cinq* formules singulières différentes, conduit à une contradiction.

La fonction $f(x,y)$ a donc, *au plus, quatre formules singulières différentes.*

4. Ceci étant, remarquons que toute fonction $f(x,y)$ peut être représentée, dans l'espace à quatre dimensions, par une série

$$(4) \qquad \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} \mathrm{A}_m(y)\,[ax+by+c]^m + \mathrm{H}(x,y),$$

$\mathrm{H}(x,y)$ étant une fonction holomorphe, dans tout domaine limité, contenant une fonction de $ax+by+c=0$, et pas d'autres singularités de $f(x,y)$.

Les fonctions $\mathrm{A}_m(y)$, aussi bien que $\mathrm{H}(x,y)$, sont uniformes partout et les $\mathrm{A}_m(y)$ *sont doublement périodiques.*

5. D'autre part (voir *théorème II* de ma Note du 20 juillet 1914 aux *Comptes rendus*), une équation linéaire à coefficients constants admet toujours une classe d'intégrales, dont chacune peut être représentée analytiquement par une somme *finie* de séries de la forme

$$(5) \qquad \sum_{i=-\infty}^{i=+\infty} \Big[\mathrm{G}_i(x,y)\log(\alpha x+\beta y-a_i) + \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} \mathrm{A}^i_m(y)\,(\alpha x+\beta y-a_i)^m\Big],$$

où $\mathrm{G}_i(x,y)$ et $\mathrm{A}^i_m(y)$ sont des fonctions entières.

Cette représentation est valable dans tout l'espace à quatre dimensions. Le *théorème III* de la même Note montre que, si une intégrale du type $f(x,y)$ existe, elle se trouve nécessairement parmi les intégrales de cette classe; elle possède donc un développement (4) et un développement (5). En comparant (4) et (5) on voit que $\mathrm{G}_i(x,y)\equiv 0$ et que les $\mathrm{A}^i_m(y)\equiv \text{const.}$, ces dernières fonctions devant être doublement périodiques et entières.

D'où le théorème :

Les seules fonctions quadruplement périodiques de x et y, ayant partout le caractère d'une fonction rationnelle, pouvant être intégrales d'une équation linéaire aux dérivées partielles à coefficients constants, sont celles qui possèdent

la forme

$$\sum_{i=1}^{i=4} f_i(a_i x + b_i y),$$

les f_i étant des fonctions d'une variable.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Démonstration de la loi des grands nombres.* Note de M. **Paul Mansion**, présentée par M. Émile Picard.

I. *Inégalité fondamentale.* — 1. Considérons deux événements contraires A et B, de probabilité p et $q = 1 - p$, soumis à des épreuves répétées dans les mêmes circonstances, c'est-à-dire que p et q sont constants. La probabilité que l'événement A arrive plus de m fois, ou B moins de n fois, sur $\mu = m + n$ épreuves, est donnée par la formule suivante, où μ_1, μ_2, ..., μ_{n-1} désignent les coefficients binomiaux :

$$P(p) = p^{\mu} + \mu_1 p^{\mu-1} q + \ldots + \mu_{n-1} p^{m+1} q^{n-1}.$$

2. On a

$$P(p) = (m+1)\mu_{n-1} \int_0^p x^m (1-x)^{n-1}\, dx,$$

car les deux membres de cette égalité ont même dérivée par rapport à p et s'annulent pour $p = 0$.

3. On prouve aisément, par le raisonnement de Tchebychef simplifié par Rouché, pour établir la formule de Stirling, que

$$(m+1)\mu_{n-1} = \mu \frac{1.2.3\ldots(\mu-1)}{1.2\ldots m.1.2\ldots(n-1)} < \frac{\mu}{\sqrt{2\pi}} \frac{(\mu-1)^{\mu-\frac{1}{2}}}{m^{m+\frac{1}{2}}(n-1)^{n-\frac{1}{2}}}.$$

Par suite, si $a = m : (\mu - 1)$, $b = (n-1) : (\mu - 1)$, on a

$$P(p) < \mu \sqrt{\frac{\mu - 1}{2\pi\, m(n-1)}} \int_0^p \left(\frac{x}{a}\right)^m \left(\frac{1-x}{b}\right)^{n-1} dx.$$

4. Posons, pour abréger,

$$R = \log\left(\frac{x}{a}\right)^m \left(\frac{1-x}{b}\right)^{n-1}.$$

On a $R = 0$, pour $x = a$, puis

$$\frac{dR}{dx} = \frac{(\mu - 1)(a - x)}{x(1 - x)}, \qquad R = -\int_x^a \frac{(\mu - 1)(a - t)}{b(1 - t)} dt.$$

La valeur maxima du produit $t(1 - t)$ est $\frac{1}{4}$; par suite,

$$R < -\int_x^a \frac{(\mu - 1)(a - t)}{\frac{1}{4}} dt = -2(\mu - 1)(a - x)^2,$$

$$P(p) < \mu \sqrt{\frac{\mu - 1}{2\pi m(n - 1)}} \int_0^p e^{-2(\mu-1)(a-x)^2} dx.$$

5. Posons

$$(a - x)\sqrt{2(\mu - 1)} = z, \qquad l = a - p = q - b;$$

il viendra

$$P(p) < \frac{\mu}{\sqrt{4\pi m(n - 1)}} \int_{l\sqrt{2(\mu-1)}}^{a\sqrt{2(\mu-1)}} e^{-z^2} dz < \frac{\mu}{\sqrt{4\pi m(n - 1)}} \int_{l\sqrt{2(\mu-1)}}^{\infty} e^{-z^2} dz.$$

6. Cette inégalité fondamentale est très utile dans plusieurs questions difficiles de calcul des probabilités, mais surtout dans la démonstration du *théorème de Jacques Bernoulli* et de la *loi des grands nombres* de Poisson, comme on va le voir.

M. de la Vallée-Poussin a donné, en 1907, dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, une limite de la probabilité $P(p)$ qui en est plus rapprochée que la nôtre.

II. *Théorème de Jacques Bernoulli.* — 7. Soient $m' < m$, $m' + n' = \mu$, $a' = (m' - 1):(\mu - 1)$, $b' = n':(\mu - 1)$, $l' = b' - q = p - a'$. La probabilité que l'événement A arrive moins de m' fois, ou B plus de n' fois, est donnée par la formule

$$Q(q) = q^\mu + \mu_1 q^{\mu-1} p + \ldots + \mu_{m'-1} q^{n'+1} p^{m'-1}.$$

D'après ce qui précède,

$$Q(q) < \frac{\mu}{\sqrt{4\pi n'(m' - 1)}} \int_{l'\sqrt{2(\mu-1)}}^{\infty} e^{-z^2} dz.$$

8. Posons

$$M(p, q) = 1 - P(p) - Q(q).$$

Cette expression sera la probabilité que, sur $\mu = m + n = m' + n'$ épreuves, l'événement A arrive au moins m' fois, au plus m fois, ou que B arrive au

moins n fois, au plus n' fois. On aura

$$1 > M(p, q) > 1 - \frac{\mu}{\sqrt{4\pi m(n-1)}} \int_{l\sqrt{2(\mu-1)}}^{\infty} e^{-z^2}\,dz - \frac{\mu}{\sqrt{4\pi n'(m'-1)}} \int_{l\sqrt{2(\mu-1)}}^{\infty} e^{-z^2}\,dz.$$

C'est le *théorème de Jacques Bernoulli pour* μ *fini*, que nous avons démontré autrement en 1902 dans le Recueil cité.

Pour $\mu = \infty$, la limite de $M(p, q)$ est égale à l'unité. C'est l'ancien *théorème asymptotique de Jacques Bernoulli* démontré dès 1713, au moyen de l'Algèbre élémentaire.

III. *Loi des grands nombres de Poisson.* — 9. Supposons que, pendant les μ épreuves, la probabilité p de A varie d'une valeur minima p_1 à une valeur maxima p_2, tandis que $q = 1 - p$, varie d'une valeur maxima $q_2 = 1 - p_1$ à une valeur minima $q_1 = 1 - p_2$.

Dans cette hypothèse, la probabilité $P(q)$ que l'événement A arrive plus de m fois, ou B moins de n fois, quand p varie de p_1 à p_2, est *évidemment* inférieure à la probabilité $P(p_2)$ correspondant au cas où p a sans cesse sa valeur maxima p_2; de même, la probabilité $Q(q)$ que B arrive plus de n' fois, ou A moins de m' fois, quand q varie de q_1 à q_2, est inférieure à la probabilité $Q(q_2)$, correspondant au cas où q a sans cesse sa valeur maxima. La probabilité $M(p, q) = 1 - P(p) - Q(q)$ que A arrive au moins m' fois, au plus m fois, ou que B arrive au moins n fois, au plus n' fois, sera donc supérieure à $1 - P(p_2) - Q(q_2)$, et *a fortiori* à

$$1 - \frac{\mu}{\sqrt{4\pi m(n-1)}} \int_{\alpha}^{\infty} e^{-z^2}\,dz - \frac{\mu}{\sqrt{4\pi n'(m'-1)}} \int_{\beta}^{\infty} e^{-z^2}\,dz,$$

$$\alpha = (a - p_2)\sqrt{2(\mu-1)},$$
$$\beta = (b' - q_2)\sqrt{2(\mu-1)}.$$

C'est la *loi des grands nombres de Poisson pour* μ *fini*. En pratique, les facteurs $4m(n-1)$, $4n'(m'-1)$ sont souvent voisins de μ^2, α et β de $(a-p)\sqrt{\mu : 2pq}$.

Pour $\mu = \infty$, $M(p, q)$ a pour limite l'unité. C'est la *loi asymptotique des grands nombres* démontrée en 1846 par Tchebychef avec rigueur, quoi qu'on en ait dit.

10. Évidemment, on a

$$M(p, q) > 1 - P(p_2 - Q(q_2) - P(p_1) - Q(q_1) = M(p_2, q_1) + M(p_1, q_2) - 1.$$

Toute estimation *précise* de $M(p_2, q_1)$, $M(p_1, q_2)$, pour μ fini ou non, permet donc le calcul d'une limite inférieure de $M(p, q)$.

Autrement dit, de toute démonstration rigoureuse du théorème de Bernoulli, comme proposition asymptotique ou non, on déduit, sans calcul nouveau, celle de la loi des grands nombres, comme nous l'avons remarqué en 1910 dans le Recueil cité.

GÉOLOGIE. — *Sur une conséquence remarquable de la théorie volcanique.* Note de M. **Stanislas Meunier**.

Conformément à mes Communications antérieures [1] il faut voir dans les éruptions volcaniques le résultat de la collaboration de deux modes d'activité géologique dont la réalité n'est contestée par personne; d'une part, la pénétration souterraine de l'eau d'infiltration comme de l'eau d'imprégnation des sédiments successifs et, d'autre part, le faillage de l'écorce solide par suite de la contraction spontanée du noyau soumis à la déperdition séculaire de sa chaleur d'origine. Ce faillage consiste dans l'ouverture des géoclases orogéniques, sur le toit desquelles s'accomplit la translation tangentielle et souterraine des lames de charriage, éléments essentiels des chaînes montagneuses.

Avant tout, il importe de remarquer que le résultat final de l'association des deux modes d'activité dont nous parlons, doit varier avec la durée relative de chacun d'eux, c'est-à-dire avec la masse d'eau à absorber et avec la quantité de chaleur à dissiper. On admet, à la suite des recherches de Delesse et de ses émules sur l'eau de carrière renfermée dans les roches, que le volume total des océans est très inférieur à celui du liquide dès maintenant fixé dans le sol et qu'il faudrait plusieurs océans de même importance pour humecter au même degré le globe tout entier.

De là, il faut conclure que le phénomène volcanique, qui n'est qu'une remontée de l'eau des profondeurs, cessera de se produire bien avant que la Terre ne soit refroidie jusqu'au cœur, ce qui ne veut du reste pas dire que le volcan cessera d'être possible au moment même où le dernier océan sera desséché. Nous savons que l'eau motrice des éruptions est souterraine, très souterraine. Dès lors, il faut admettre l'existence d'une longue période pendant laquelle les réactions internes, développées par le recouvrement

(1) *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 125.

orogénique d'assises hydratées — du fait de masses anhydres et fortement chauffées, poussées de plus bas sur le plan des géoclases de charriage — continueront à engendrer les mélanges foisonnants de roches fondues et de vapeurs occluses sous pression, alors que la surface terrestre sera déjà privée de son enveloppe liquide et gazeuse. Les volcans, érigés dans ces conditions nouvelles, n'auront plus à compter ni avec l'ensevelissement plus ou moins complet sous des dépôts sédimentaires, ni même avec l'érosion infligée par le déchaînement des facteurs de l'intempérisme.

En accordant à la période comprise entre le dessèchement océanique et l'arrêt de l'activité volcanique, une durée en rapport avec l'ampleur des phénomènes, on peut croire que, dans ces conditions, les volcans successifs s'ajouteront les uns aux autres, de façon à recouvrir peu à peu toute la surface du globe. Pour fixer les idées, imaginons que cet état de choses persiste pendant un laps de temps équivalent à celui qui nous sépare du début de la période tertiaire, ce qui n'est certainement pas exagéré par comparaison avec l'allure des phénomènes sédimentaires : dans ce cas on aura, sous les yeux de l'esprit, tous les produits d'éruptions rejetés sur le sol depuis la base de l'Éocène, conservés et restés complètement à découvert. Si l'on essaye de figurer ce résultat sur un planisphère, on constatera qu'on lui donne une physionomie singulièrement ressemblante à celle des Cartes de la Lune.

Cette conclusion, faite pour surprendre au premier abord, n'est cependant pas fortuite; elle tient au contraire à l'essence même des phénomènes. Elle nous révèle que la Lune, à la suite d'une période où sa surface devait avoir les caractères de la surface actuelle de la Terre, a traversé les étapes d'asséchement complet et d'extinction ultérieure de l'activité souterraine que nous supposions tout à l'heure. Et ce n'est pas un médiocre motif d'intérêt que de voir la considération de réactions exclusivement étudiables sur la Terre, jeter le jour le plus satisfaisant sur une question d'Astronomie physique, qui me semblait à moi-même, il y a 20 ans [1], devoir faire intervenir des hypothèses tout à fait spéciales.

---

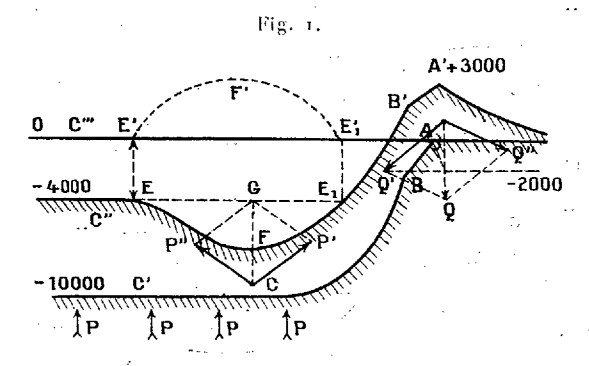
[1] *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 225.

GÉOPHYSIQUE. — *Théorie orogénique dérivant de la théorie physique de la formation des océans et continents primitifs.* Note (¹) de M. **Émile Belot**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans deux Notes insérées aux *Comptes rendus* des 2 mars et 6 juillet 1914, j'ai montré comment la formation et la distribution des océans et continents primitifs pouvaient s'expliquer par la circulation toroïdale de l'atmosphère ayant amené l'eau à se précipiter d'abord sur l'Antarctide. Mais cette théorie physique ne s'applique qu'à la formation des soubassements continentaux au niveau — 2000. Il reste à expliquer comment sur ce niveau de base fondamental ont pu s'édifier des masses continentales, et sur celles-ci localement des montagnes ou plateaux s'élevant à plusieurs milliers de mètres.

D'après la théorie précédente, après l'irruption des courants océaniques

Fig. 1.



Sud-Nord, il restait à tomber sur l'Antarctide une quantité d'eau, venant de l'atmosphère, équivalant à 2000^{m} d'épaisseur sur toute la surface au niveau — 2000, surface qui diffère peu de la moitié de celle de la Terre. Par un processus analogue à celui qui relève les berges du Mississipi par ses alluvions, les sédiments apportés par les courants océaniques relevèrent de 2000^{m} les socles continentaux primitifs. L'érosion du noyau alla donc en moyenne jusqu'à la profondeur — 4000^{m}. Mais il existe des fosses marines ayant près de 10000^{m} de profondeur.

Figurons ces différents niveaux (*fig.* 1) ainsi que le profil ABCC' d'érosion et de sédimentation d'un courant océanique jusqu'au niveau — 10000.

(¹) Séance du 18 janvier 1915.

L'eau salée, chargée de matériaux solides et pouvant avoir une densité 2, comme celle des torrents de boue, est progressivement remplacée, dans le courant liquide, par de l'eau de mer de densité 1,03. Le fond à -10000^m, formé de roches de densité 2,65, sera alors soumis à une poussée P tendant à le remonter au niveau -4000^m. Car, on a

$$10000 \times 2 = 1,03 \times 4000 + (10000 - 4000)\,2,65.$$

Mais, tandis que le fond C′ remontera en C″ de 6000^m, le fond C, supportant le poids de la croûte CBA, ne remontera qu'en F tout en la soulevant en B′A′. La poussée, tendant à soulever EFE_1, est évidemment égale au poids d'une montagne fictive $E'F'E'_1$ de même section et de densité 2,65. Ce poids Q est précisément celui de la montagne réelle B′A′ dont la composante Q′ est équilibrée dans la croûte par la composante P′ de la poussée. La composante Q″, du poids de la montagne, tend à déverser les couches redressées *vers l'intérieur du continent*, tandis que la composante P″ de la poussée équilibre la tendance au glissement du fond incliné EF.

Ainsi *les dépressions marines les plus grandes et les chaînes de montagnes seront en bordure des continents avec tendance au déversement des chaînes vers leur intérieur*.

D'après ce qui précède $AA' = FC = FG = 3000^m$.

Ainsi la cause invoquée est adéquate aux effets constatés; d'ailleurs les niveaux marins -4000, -7000 et l'altitude $+3000$ correspondent exactement aux valeurs observées sur la côte de l'Océan Pacifique, en face du plateau de Bolivie et du Chili.

En même temps s'expliquent *l'équilibre instable des zones côtières* agitées par les tremblements de terre et *le volcanisme*, conséquence de l'effort orogénique. Car l'angle A′ de la montagne soulevée tend à s'ouvrir vers l'intérieur du globe, donnant passage au magma éruptif; et des fissures peuvent aussi se produire sur la côte FB′ soulevée, permettant l'accès de l'eau de mer sous la montagne où un vide relatif tend à se former.

Dans notre théorie, c'est une côte ancienne qui se soulève, couverte de sédiments d'autant plus épais que les courants océaniques Sud-Nord les auront accumulés sur le bord des môles archéens. De là, la relation constatée entre les géosynclinaux et l'emplacement des chaînes de montagnes.

Une expérience simple permet de reproduire ces effets orogéniques.

On dépose sur une surface de paraffine fondue R (*fig.* 2) où la croûte commence à se former, une coupelle C en métal mince à fond plat et angles arrondis qu'on remplit

peu à peu d'eau froide E. Puis on enlève cette eau quand la croûte s'est épaissie. La paraffine fondue sous-jacente soulève la croûte, et quand la coupelle vide C est enlevée, on obtient le profil typique d'une montagne M (*fig.* 3), d'une dépression côtière D et

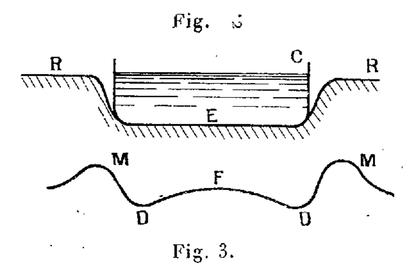


Fig. 3.

d'un fond F convexe au centre comme le sont les Océans où la tension centrale de la croûte se traduit par le volcanisme.

La poussée tendant à relever le fond sous-marin, d'après notre théorie, peut être due, non à une diminution de densité de la mer, mais à une différence de hauteur d'eau due à une régression marine, un bourrelet de marée équatorial, une augmentation de vitesse de rotation de la Terre, une précipitation équatoriale des satellites primitifs, etc. De même, l'érosion profonde d'un continent par un courant océanique, en remplaçant par la mer un sol de densité 2,65, pourra soulever les deux rives du courant.

Dans le cas général, la densité D_2 de la montagne soulevée sera inférieure à la densité D_1 du fond sous-marin : on pourra poser $D_2 = \alpha D_1 (\alpha < 1)$. Si h est la hauteur du fond marin d'équilibre au large de la côte, D la densité de l'eau chargée de sédiments, H la hauteur de la montagne soulevée sera donnée par l'expression

$$H = h \frac{D - 1,03}{(1 + \alpha)(D_1 - D)}.$$

Cette formule montre bien que la hauteur des montagnes est de l'ordre de h et peut atteindre de grandes valeurs, comme les profondeurs marines. La présente théorie, basée sur la notion d'un soulèvement hydrostatique, n'est nullement en contradiction avec la doctrine des effondrements : car de Lapparent (t. III, p. 1919) fait observer que « la plupart des effondrements connus paraissaient avoir été précédés par un soulèvement ».

BOTANIQUE. — *Sur les grains de Maïs issus de la végétation d'embryons libres.* Note de MM. **Edmond Gain** et **A. Jungelson**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Quelques expérimenteurs ont réussi à obtenir des plantes plus ou moins développées, en partant d'embryons albuminés privés de leurs réserves externes. Tous élevaient ces plantes dans un milieu nutritif artificiel, soit pendant tout le cours du développement (Van Tieghem et Bonnier, Blocizewsky, Hannig, Brown et Morris, Laurent, Lefèvre, Zalesky et Tutorsky), soit au moins pendant un certain temps (Dubard et Urbain).

Dans nos expériences nous avons pu obtenir des Maïs adultes et fertiles en partant d'embryons libres extraits du grain, débarrassés avec soin des réserves de l'albumen, et semés dans le sol naturel.

Voici les conditions de l'expérimentation :

Des grains de Maïs « King Philipp blanc » ont été gonflés pendant 12 heures à 15° C. dans de l'eau qui avait été distillée dans des appareils en verre.

On a extrait les embryons, et ceux-ci ont été mis dans de la terre fine, en godets sous châssis, au Jardin botanique de Nancy. Des grains semés entiers, et vérifiés intacts, servaient de témoins.

La levée a été normale, et les jeunes germinations ont été repiquées une dizaine de jours après sur terre de jardin grossière non tamisée.

Pour 8 embryons libres mis en terre on a obtenu 8 pieds fertiles. Par rapport aux plantes issues de graines entières, la productivité a été seulement réduite d'environ $\frac{2}{7}$ chez les plantes issues d'embryons libres. Ces dernières avaient d'ailleurs un aspect extérieur semblable aux autres, les grains qu'elles ont produits étaient d'apparence tout à fait normale et du type caryopse souche.

Nous avons recherché si l'on pouvait mettre en évidence une trace quelconque de dégénérescence dans les grains issus d'embryons libres. On a observé au contraire une remarquable fixité avec trace de bonification du type.

De nombreuses pesées ont montré que le poids frais des grains pris en des points donnés sur des épis provenant d'embryons libres a la même valeur que celui des grains correspondants provenant de semences entières.

La seule différence à noter consiste dans le poids sec centésimal qui s'est montré légèrement plus élevé dans presque tous les lots issus d'embryons libres, ainsi qu'on le verra ci-après :

	Poids sec centésimal. Chiffre moyen de 12 lots.	Amplitude de la variation constatée dans les 12 lots. Minimum.	Maximum.
Grains issus d'embryons libres........	70,21	69,7	70,5
Grains issus de semences entières.....	69,25	68,9	69,7
Différences pour 100.....	0,96	0,8	0,8

Ainsi l'ablation des réserves qui sont externes à l'embryon n'a été nullement préjudiciable au poids moyen des grains produits. Il y a eu au contraire une élévation du taux de la substance sèche. La valeur individuelle de la semence s'en trouve légèrement accrue, et, dans tous les cas, n'est nullement dépréciée. On peut se demander même si les procédés pratiques de sélection, visant à l'élévation de la substance sèche, ne pourraient pas tirer parti de cette observation.

Dans les expériences de sélection du Maïs (¹), la variation du rapport $\frac{A}{E}$ entre le poids sec A de l'albumen et le poids sec E de l'embryon, a été souvent utilisée; nous avons donc recherché s'il n'était pas modifié.

Nos observations montrent que ce rapport varie entre les limites 5 et 5,9 et que la fluctuation est très favorable aux embryons libres.

	Valeurs de la fluctuation du rapport $\frac{A}{E}$. Chiffre minimum.	Chiffre maximum.	Chiffre moyen pour 15 grains de 3 lots différents.
Grains issus d'embryons libres.....	5,0	5,7	5,36
Grains issus de semences entières..	5,7	5,9	5,80
Différence..........	—0,7	—0,2	—0,44
Différence pour 100...	12,2	3,38	7,58

Ainsi *la privation d'albumen semble produire comme conséquence une diminution de l'importance de l'albumen normal à la génération suivante.* Peut-être peut-on pousser plus loin cette sélection. Il serait curieux de la voir s'exagérer (²) et aboutir à la presque suppression de l'albumen normal.

(¹) Cyril Hopkins, *Journal of the American chemical Society*, t. XVIII, p. 1039; *Station Exp. Illinois*, Bull. nos 43 et 53; *Moniteur Quesneville*, 1900, p. 605.

(²) La fluctuation du poids centésimal de l'embryon est connue. Ce poids centésimal peut parfois doubler.

Si des expériences ultérieures exagéraient, de génération en génération, la diminution de l'albumen, on pourrait admettre que les plantes des familles à graines *exalbuminées* ont pu acquérir ce dernier caractère par un processus naturel analogue.

En ce qui concerne la faculté et l'énergie germinatives, il ne semble pas y avoir de différence entre les deux lots. Après 20 heures à l'étuve, à 33° C., tous les grains ont germé, et 5 jours après les germinations avaient le même degré de développement quant aux dimensions des gemmules et du système radiculaire.

Nous étudierons ultérieurement si des fluctuations ont pu se produire dans la composition chimique centésimale des grains, mais ce qui précède montre que les semences issues d'embryons libres affranchis de leur albumen nourricier sont de constitution normale. Le fait que les embryons de Maïs semés dans le sol sans téguments de protection ont pu triompher des causes destructives et évoluer normalement semble montrer, en outre, que l'albumen du grain de Maïs ne représente qu'une réserve de complément dont le rôle peut être assez restreint.

BOTANIQUE. — *Une Cucurbitacée peu connue de Madagascar.* Note de MM. **H. Jumelle** et **H. Perrier de la Bâthie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La Cucurbitacée malgache que nous voulons signaler fut nommée jadis *Ampelosicyos scandens* par du Petit-Thouars; mais cet ancien botaniste la décrivit si imparfaitement, d'après des échantillons incomplets, que beaucoup d'auteurs crurent qu'il s'agissait tout simplement du *Telfairia pedata* de l'Afrique orientale. Ce ne fut qu'en 1881 que Cogniaux releva cette grosse erreur et rétablit le genre *Ampelosicyos,* tout en faisant remarquer que le spécimen de du Petit-Thouars ne permettait pas de bien préciser les caractères spécifiques.

Et, en fait, Cogniaux, trois ans plus tard, en 1884, en décrivant un *Delognæa Humblotii*, ne s'aperçut pas que cette autre plante avoisinait l'*Ampelosicyos scandens* et n'était peut-être qu'une seconde espèce du même genre.

Appelé *voanono* par les indigènes, l'*Ampelosicyos scandens* est une plante grimpante qui, en raison de la forme de ses feuilles à cinq folioles, rappelle un peu certaines Passiflores. Les tiges, assez grêles, sont couvertes d'un

duvet roux, qui se continue, plus épais encore sur les pétioles, les pétiolules et les nervures de la face inférieure des feuilles. Les vrilles, velues comme la tige, sont simples, longues et grêles.

La plante est monoïque et à fleurs blanches. Les fleurs mâles et les fleurs femelles sont sur les mêmes rameaux mais isolées. Les pédoncules floraux ont 2^{cm} en moyenne, pour les deux sortes de fleurs; mais les fleurs mâles paraissent beaucoup plus longues que les femelles par suite de l'énorme allongement de leur calice qui est un tube de 10^{cm} à 20^{cm} de longueur, à peine plus large que le pédoncule qu'il continue, sauf à l'extrême sommet.

Contre la paroi de cet élargissement terminal du calice sont insérées cinq étamines libres, sessiles, fixées dorsalement, et à anthères sinueuses. Les cinq pétales sont épais, ovales et aigus.

Dans la fleur femelle, les pétales sont semblables. L'ovaire est à trois placentas, qui portent des ovules horizontaux; il est surmonté de trois gros stigmates bilobés.

Les fruits sont vaguement obpiriformes; ils peuvent avoir, par exemple, 10^{cm} à 11^{cm} de longueur sur 7^{cm} de largeur maxima. Dans la pulpe sont logées d'assez nombreuses graines qui ont la forme de très gros haricots; le hile se trouve toutefois au milieu du côté convexe, qui est un peu caréné. Les cotylédons, transversalement oblongs et très légèrement réniformes, sont deux fois plus larges que longs; et la radicule est située au milieu du bord droit ou faiblement concave.

L'*Ampelosicyos scandens* croît, à Madagascar, dans les bois clairs, à sol riche en humus, des ravins de la forêt de l'Est, au-dessous de 800^{m}.

Les indigènes consomment la pulpe des fruits, qui, quoique parfumée, est médiocre, et aussi les graines, qui ont le goût de noisette. Pulpe et graine sont ainsi mangées sans aucune préparation. Grillées comme les arachides, les graines sont délicieuses.

L'amande contient une huile douce que nous nous proposons de soumettre plus tard à l'analyse. Au cas où cette substance grasse serait utilisable, la culture de la plante serait intéressante pour le centre de l'île, où nous savons, d'après quelques premiers essais, qu'elle serait assez facile. Bien arrosé, le *voanono* fleurit, en effet, plutôt plus abondamment dans l'Imerina que dans l'Est, quoiqu'il soit originaire de cette région orientale.

RADIOGRAPHIE. — *Nouveau procédé pour l'obtention rapide sur plaques métalliques (plaques de tôle) des épreuves radiographiques.* Note de MM. **Rivier** et **Dupoux**, présentée par M. L. Landouzy.

La radiographie est plus que jamais à l'ordre du jour, mais, dans la Pratique, il est actuellement très difficile d'obtenir rapidement, même en utilisant les procédés les plus récents, des épreuves définitives, soit négatives, soit positives, qui puissent suivre un blessé ne séjournant que peu de temps dans une formation sanitaire.

Les manipulations purement photographiques sont en effet toujours longues. Pour les abréger considérablement, nous avons eu l'idée d'employer des plaques métalliques, dites *plaques ferrotypes*, pour positifs directs, dont nous allons faire ressortir les nombreux avantages.

Nous insistons, tout d'abord, sur le fait que tous les radiologues réussiront du premier coup, sans aucun apprentissage, des positifs directs sur métal avec notre procédé, et quelle que soit la puissance de leur installation, s'ils suivent exactement notre technique.

Dans nos premiers essais, nous nous sommes servis d'ampoules de dureté moyenne (environ 6 B.) et de fortes intensités, comme on le fait le plus souvent. Contrairement à nos prévisions, nous avons constaté qu'il fallait alors de longs temps de pose pour obtenir des résultats qui ne nous ont pas donné complète satisfaction, sans compter le danger d'exposer le patient à de longues irradiations.

Nous avons été ainsi amenés à modifier complètement cette technique et à employer au contraire des rayonnements extrêmement durs (9 à 10 B.) avec au maximum 2 milliampères dans nos tubes, ce qui correspond à 6 ou 7 ampères sous 70 volts au primaire. Nous avons maintenu à 22^{cm} l'étincelle équivalente du tube pendant ces expériences. Ce sont là, comme on le voit, des conditions bien différentes de celles de la technique radiographique actuelle.

Nous devons ajouter qu'avec les plaques de verre utilisées habituellement on obtiendrait ainsi de très mauvais résultats; au contraire, nos plaques métalliques s'accommodent admirablement de ces rayonnements durs avec leurs faibles intensités; ceux-ci ont l'avantage de présenter pour le blessé infiniment moins de dangers que les rayonnements mous avec les longues irradiations qui en sont la conséquence.

Les épreuves que nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie ont toutes été obtenues avec des poses variant de 6 à 60 secondes.

La simplicité de la manipulation photographique est un autre avantage de notre procédé. En moins de 10 minutes, on peut obtenir une épreuve positive complètement terminée, susceptible dès lors d'être immédiatement remise au blessé et de le suivre dans son évacuation sur l'hôpital.

Tous les révélateurs au métol-hydroquinone peuvent convenir pour le développement de ces plaques, à la simple condition d'être fortement bromurés. Le négatif vient en général en 2 minutes et le fixage de ce négatif dans la solution d'hyposulfite le transforme immédiatement en positif, opération qui demande tout au plus 10 à 20 secondes. Le lavage du positif ainsi obtenu et son séchage à la lampe sont aussi très rapides, 2 à 3 minutes en tout. L'ensemble des opérations (temps de pose compris) n'exige pas plus de 7 à 8 minutes pour fournir l'épreuve complètement terminée.

A l'ambulance de l'École Polytechnique, où nous avons fait tous nos essais, nous avons eu l'occasion de radiographier à peu près toutes les régions du corps humain; les temps de pose ont varié de 6 secondes pour une main, à 60 secondes pour un crâne.

Nous résumons les avantages de notre procédé *métalloradiographique* en disant qu'il est très simple, à portée des petites installations, sans danger pour le patient, et nous insistons surtout sur sa grande rapidité qui permet de livrer le positif métallique en moins de 10 minutes.

Nous ferons remarquer en outre que l'emploi des ampoules dures, exclusivement utilisées pour la radioscopie, permet la simplification du matériel, qui peut ainsi être utilisé aussi bien pour la radiographie que pour la radioscopie.

Ce procédé est appelé, selon nous, à rendre de grands services aux radiologues qui opèrent non seulement aux arrières du front, au moyen d'installations volantes, mais encore à ceux qui sont à la tête d'installations fixes, dans les hôpitaux ou les ambulances.

Enfin, et nous insistons sur ce point, les blessés qui, à l'arrière du front, passeraient par un tel service de métalloradiographie pourraient emporter avec eux, comme fiche documentaire non fragile, leur épreuve radiographique, et l'on sait combien sont peu nombreux encore, à l'heure actuelle, les hôpitaux, même éloignés du front, qui disposent d'une installation radiographique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Culture en « tubes de sable » pour le diagnostic rapide de la fièvre typhoïde et le dépistage des porteurs de germes.* Note [1] de MM. **P. Carnot** et **B. Weill-Hallé**, présentée par M. E. Roux.

Parallèlement aux procédés de *biliculture*, dont nous avons montré récemment les avantages (*Comptes rendus*, 30 novembre 1914), nous avons étudié une technique nouvelle de coproculture, plus pratique et plus rapide que les techniques usuelles d'isolement sur plaques qui rendent si laborieuse et si délicate la recherche du bacille typhique dans les selles, en raison surtout de la prédominance des colibacilles.

Nous avons appliqué à l'examen bactériologique des selles typhiques une méthode générale indiquée par P. Carnot et M. Garnier (*Soc. Biol.*, 21 juin et 5 juillet 1902) pour l'isolement automatique des microorganismes les plus mobiles, ceux-ci traversant les premiers une couche de sable interposée entre les deux branches d'un tube en U. Si l'on ensemence d'un côté de la couche de sable les selles suspectes, les bacilles typhiques, beaucoup plus mobiles que la plupart des germes intestinaux, traversent les premiers le sable interposé et peuvent être récoltés isolément dans le second tube. Il suffit alors de les identifier par agglutination au moyen d'un sérum spécifique pour avoir, en quelques heures seulement, le résultat cherché.

Les selles constituant la source principale de la contamination typhique, une simplification technique dans les méthodes de coproculture peut avoir des avantages prophylactiques au cours de l'épidémie actuelle : aussi faisons-nous connaître, dès maintenant, les résultats pratiques, très favorables et obtenus déjà sur une centaine de cas, que nous a donnés cette nouvelle méthode dans les hôpitaux et au laboratoire de bactériologie du camp retranché d'Épinal.

I. — Préparation des tubes de sable.

On peut monter facilement soi-même les tubes en U qui servent de séparateurs automatiques. Un tube de verre de 33cm de long et de 5mm à 6mm de diamètre intérieur est étiré en son milieu et simultanément replié jusqu'à accolement des deux moitiés : il figure ainsi un tube en U dont les deux branches communiquent en bas par un

(1) Séance du 18 janvier 1915.

segment rétréci et dont les extrémités libres sont accolées, ouvertes en haut et bouchées à l'ouate. Cet appareil est stérilisé sans aucune précaution particulière.

Dans un deuxième temps, on procède aseptiquement au remplissage du tube en U à l'aide de bouillon (ou d'un autre liquide de culture) introduit au moyen d'une pipette par l'extrémité supérieure de la branche I; le liquide doit s'élever dans les deux branches communicantes à une hauteur de 10^{cm} environ.

Dans un troisième temps, on procède aseptiquement au remplissage de la branche II du tube à l'aide de sable fin de Fontainebleau, préalablement lavé et calciné; le procédé le meilleur pour sa manipulation aseptique consiste à le prélever par aspiration et à le distribuer comme le bouillon avec une pipette un peu grosse; on le fait tomber en filet mince dans la branche II dont les parois n'ont pas été mouillées par introduction du bouillon; le sable tombe ainsi progressivement au fond du liquide et se sédimente très régulièrement au-dessus de la partie rétrécie, sans interposition de bulles d'air, sur une hauteur de 10^{cm}. L'équilibre du liquide dans les deux branches, troublé par l'introduction du sable, se rétablit lentement; si la quantité de bouillon introduite primitivement avait été faible, on la compléterait de façon à obtenir dans le tube II une couche de plusieurs centimètres de bouillon au-dessus du sable.

Toutes ces opérations sont faciles à faire aseptiquement à la pipette. Il suffit ensuite de laisser l'appareil 24 heures à l'étuve pour faire la preuve de son asepsie. Si l'on préférait faire passer l'appareil une fois monté, à l'autoclave, il serait bon d'augmenter la longueur des branches jusqu'à 25^{cm} environ de façon à éviter les projections lors de la stérilisation.

II. — Ensemencement des selles dans le liquide de culture de la branche I.

Pour l'examen bactériologique des selles, on prélève le liquide provenant d'un deuxième lavage intestinal après lavement évacuateur préalable; ce liquide est presque limpide et contient seulement quelques parcelles de matières, ainsi que quelques mucosités intestinales. On en introduit quelques gouttes, à l'aide d'une pipette, dans la branche I du tube en U contenant seulement le bouillon de culture. L'appareil ainsi ensemencé est mis verticalement dans un porte-tubes à l'étuve à 37° et y est laissé environ 18 heures pour une hauteur de sable de 10^{cm}.

III. — Récolte des germes mobiles dans la branche II.

Aussitôt le tube sorti de l'étuve, on prélève avec une fine pipette, dans la branche II, quelques gouttes de liquide surmontant le sable. Quatre conditions peuvent se présenter :

a. Le plus souvent, lorsqu'il s'agit de selles de typhiques, ce liquide est trouble. Une gouttelette, examinée à l'état frais entre lame et lamelle, montre de très nombreux bacilles mobiles : ils peuvent exister à l'exclusion de tous les autres germes et donner l'apparence d'une culture pure. On procède alors directement à l'identification du microbe par agglutination spécifique.

b. Lorsque l'examen est pratiqué dès les premiers temps du passage, le liquide surmontant le sable paraît limpide. Cependant l'examen à l'état frais montre des bacilles mobiles. Si leur nombre est trop restreint, on prélève le liquide dans une

pipette, pour éviter le passage ultérieur d'autres germes, et l'on peut le laisser quelques heures encore à l'étuve, avant de procéder à l'identification.

c. Par contre, si l'examen est tardif, d'autres microorganismes, le colibacille notamment, ont pu franchir le sable à leur tour et gêneraient un peu l'identification; il suffit alors de procéder à un second passage en ensemençant ce liquide dans un nouveau tube de sable.

d. Enfin, dans un dernier cas, il n'y a aucun passage microbien dans le bouillon de la branche II. Il sera bon de prolonger le séjour du tube à l'étuve, mais il est dès lors vraisemblable que l'examen sera négatif pour le bacille typhique, d'autres germes pouvant d'ailleurs passer tardivement.

IV. — Identification des germes mobiles recueillis par auto-sélection.

Les microorganismes récoltés suivant la technique précédente ne seront considérés comme des bacilles typhiques que s'ils présentent les caractères de *mobilité*, de *réactions culturales* et d'*agglutinabilité spécifiques*.

La technique des tubes de sable, telle que nous venons de la décrire, nous paraît recommandable par sa rapidité, sa simplicité, son exactitude.

Sa rapidité est telle que l'examen complet d'une selle de typhique ou de porteur de germes peut être réalisé en moins de 24 heures dans la plupart des cas. On pourrait même raccourcir encore ce délai en utilisant des tubes de sable plus courts.

Sa simplicité est due à ce que la séparation du microbe spécifique se fait spontanément et n'exige qu'une vérification ultérieure.

Son exactitude tient à ce que deux méthodes convergentes sont utilisées : l'auto-sélection par mobilité et la séro-agglutination de contrôle.

Nous avons vérifié les résultats de cette technique par des examens pratiqués en série.

Elle nous a permis de suivre facilement chez nos malades, et malgré leur nombre, la persistance du germe typhique, si prolongée soit-elle, de n'évacuer les convalescents qu'après sa disparition et d'assurer ainsi une prophylaxie rigoureuse.

Elle nous a permis, d'autre part, de faire rétrospectivement, même chez des sujets vaccinés, le diagnostic d'une infection typhique méconnue et de dépister des « porteurs de germes » cliniquement sains.

Étudiée comparativement aux autres méthodes, elle nous a paru la plus sensible et la plus pratique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la nutrition organique d'une Bactérie marine.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Au cours d'un travail systématique, actuellement en voie d'exécution, sur les Bactéries de l'eau de mer, j'ai rencontré une espèce sur laquelle (bien que, par elle-même, elle ne me présenta *a priori* rien de particulièrement spécial) je me suis livré à diverses recherches physiologiques, notamment en ce qui concerne les besoins de sa nutrition organique. Cette espèce nouvelle, *Micrococcus spumæformis*, comme toutes les espèces marines que j'ai étudiées, ne se développe pas sur la gélatine additionnée d'eau douce, mais seulement sur de la gélatine additionnée, soit d'eau de mer, soit d'eau salée à 2,5 pour 100. Sur ce milieu, cependant, la Bactérie ne présente qu'un développement médiocre; ce sont de petites colonies muqueuses, à l'aspect de perles, demeurant toujours maigres et dont le seul aspect indique qu'elles sont insuffisamment nourries. Si, au contraire, à la gélatine, on incorpore une substance susceptible d'être assimilée par la Bactérie, les perles confluent en une épaisse masse blanche et humide, semblable à de la crème, dont la luxuriance relative suffit à montrer que la substance en question a été assimilée. C'est en variant la nature des substances organiques mises en expérience que j'ai pu constater les faits suivants.

Parmi les sucres, la Bactérie peut se nourrir aux dépens de monosaccharides (glucose, lévulose, galactose) et de polysaccharides (saccharose, maltose). Toutefois, elle n'assimile pas le lactose. Elle agit aussi sur les mêmes substances en les faisant fermenter avec une grande activité, comme on peut le constater au tournesol, mais sans production de bulles de gaz. La fermentation est forte avec le glucose et le galactose; faible avec le lévulose, le saccharose, le lactose; nulle, ou, du moins, très fugace, avec le maltose.

Parmi les polysaccharides, il faut signaler l'amidon, ni assimilé, ni fermenté; le glycogène, assimilé, avec des traces de fermentation; la dextrine, ni assimilée, ni fermentée, de même que l'inuline. A citer aussi le seul glucoside sur lequel j'ai expérimenté, le tannin, non assimilé.

Si l'on envisage les substances albuminoïdes, on se rend compte que la

Bactérie est sans action sur le blanc d'œuf cuit (mis en liquide salé), mais assimile, avec une extrême rapidité, la peptone. De plus, on peut la nourrir avec de l'asparagine, mais non avec de l'urée. Elle s'alimente difficilement et incomplètement avec les amino-acides cycliques (glycocolle) ou aromatiques (tyrosine).

L'action des alcools est, comme pour les matières précédentes, variable avec leur nature. Le microorganisme marin ne peut assimiler aucun alcool primaire (alcools éthylique, méthylique, amylique), mais, cependant, fait fermenter, et même activement, l'alcool éthylique. Le glycol n'est pas assimilé, mais fermente. La Bactérie peut se nourrir de glycérine qu'elle fait fermenter. Avec la mannite qui, remarquons-le en passant, se trouve dans certaines Algues marines (*Laminaria saccharina*, etc.), il y a assimilation et fermentation; avec l'érythrite, ni l'une ni l'autre.

Le *Micrococcus spumæformis* ne peut assimiler l'aldéhyde formique et les acides organiques (acides tartrique, lactique, etc.). Quant aux matières grasses (huile, lécithine), elles ne peuvent l'alimenter qu'avec une extrême lenteur.

En résumé, la Bactérie dont il s'agit assimile le glucose, le lévulose, le galactose, le saccharose, le maltose, la glycérine, la mannite, le glycogène, la peptone, l'asparagine; médiocrement le glycocolle, la tyrosine, les matières grasses. Elle n'assimile pas le lactose, l'amidon, la dextrine, l'inuline, le blanc d'œuf, l'urée, les alcools primaires, le glycol, l'érythrite, l'aldéhyde formique, les acides organiques. Elle fait fermenter le glucose, le galactose, le lévulose, le saccharose, le lactose, l'alcool éthylique, la glycérine, la mannite. D'une façon générale, elle demande surtout une alimentation peptonée et sucrée. D'autre part, ses processus fermentaires sont à signaler par leur intensité et leur variété, qui va de phénomènes analogues à ceux de la fermentation alcoolique, jusqu'à d'autres phénomènes analogues à ceux de la fermentation acétique.

HYGIÈNE. — *Étude sur les poussières aqueuses microbiennes des locaux habités.* Note de M. A. Trillat, présentée par M. A. Laveran.

Les gouttelettes microbiennes, en suspension dans l'atmosphère, possèdent des propriétés très différentes de celles des poussières sèches. Leur étude approfondie présente, au point de vue épidémiologique, une importance aussi grande que celle des poussières sèches qui ont souvent attiré l'attention des hygiénistes.

Rappelons que le volume et la vitesse de chute des gouttelettes microbiennes dans l'air sont régis par la dimension des microbes et qu'à partir d'un certain diamètre inférieur à 1^{μ}, elles échappent à l'action de la pesanteur ([1]). Leur forme vésiculaire est facilitée par la faculté que possèdent les microorganismes de jouer le rôle de noyau de condensation. En cet état, elles sont extrêmement mobiles et entraînables par un courant d'air qui peut même en effectuer un triage grossier ([2]).

Il est utile de rappeler pour la clarté de ce qui suit que l'abaissement brusque de température a pour effet de rassembler les gouttelettes microbiennes et de les localiser vers les régimes ou sur les surfaces refroidies ([3]). Enfin, de nombreuses expériences ont démontré leur extrême sensibilité vis-à-vis des agents physiques ainsi que l'influence favorisante des émanations gazeuses assurant leur conservation et leur multiplication ([4]). Cette raison explique pourquoi les gouttelettes microbiennes sont extrêmement abondantes dans une atmosphère viciée par les gaz frais de la respiration qui jouent le rôle de *gaz aliments :* ce cas se présente fréquemment pour des chambres de malades, des salles d'hôpitaux ou des lieux de réunions publiques insuffisamment ventilés.

([1]) *Sur les conditions de transport des microbes par l'intermédiaire de l'air* (*Comptes rendus*, 11 novembre 1913).

([2]) *Influence de la tension superficielle des liquides sur l'entraînement des microbes par un courant d'air* (*Comptes rendus*, 29 décembre 1913).

([3]) *Action du refroidissement sur les gouttelettes microbiennes* (*Comptes rendus*, 18 mai 1914).

([4]) *Influence de la composition chimique de l'air sur la vitalité des microbes* (*Comptes rendus*, 15 octobre 1912). — *Action de doses infinitésimales de diverses substances alcalines sur la vitalité des microbes* (*Comptes rendus*, 2 décembre 1912).

Si les poussières sèches des locaux habités ont été à juste titre considérées comme susceptibles de véhiculer le microbe tuberculeux, on peut admettre que les poussières aqueuses, sont vraisemblablement le réceptacle des germes les plus contagieux tels que ceux supposés de l'influenza, de la rougeole, de la variole, etc., et qui seraient projetés dans l'espace sous forme de gouttelettes microbiennes par le mécanisme du jeu respiratoire. En effet, on a démontré expérimentalement (¹) que l'air humide était capable dans certaines circonstances de détacher les microbes de leur support et de provoquer un ensemencement de l'atmosphère ambiante : c'est ce qui a lieu, on peut le supposer, à la suite du passage de l'air dans les alvéoles pulmonaires et le long des parois des voies aériennes imprégnées de mucus dont la flore microbienne varie selon l'état de santé de chaque individu.

En tenant compte de ces nouvelles données, il était intéressant d'étudier au point de vue de l'hygiène de l'air, le rôle des poussières aqueuses, et le but de cette Note est de résumer les observations faites à ce sujet dans quelques cas particuliers tels que ceux des atmosphères confinées ou insuffisamment ventilées, cas qui se présentent souvent dans le courant de la vie.

Les expériences ont eu lieu, dans des cylindres de verre de 60^l à 80^l de capacité ou dans un local de 30^{m^3} environ, contenant à la fois des gaz de la respiration humaine ou animale et des gouttelettes microbiennes artificiellement produites d'après la technique que j'ai déjà indiquée plusieurs fois. Le brassage de l'atmosphère était obtenu par un petit tourniquet mû par l'électricité. Le mouvement des gouttelettes microbiennes, sous l'influence de l'agitation, était observé à la lumière incidente d'un faisceau électrique et par la direction prise par des bandelettes flottantes de papier soie. La chute des gouttelettes et leur rassemblement dans l'espace étaient indiqués par la numération des colonies sur des boîtes de Petri placées à divers endroits.

On peut ainsi résumer les résultats obtenus :

1° Dans une atmosphère tranquille, à une température de 18°, les gouttelettes microbiennes tombent avec une vitesse de chute proportionnelle à leurs dimensions. Ainsi les gouttelettes d'une dimension de 1^{μ} (cas du *B. prodigiosus*) parcouraient environ 1^{cm} en 3 minutes.

2° La vitesse de chute est accélérée par un refroidissement brusque et les

---

(¹) *Comptes rendus* (*loc. cit.*). — *Entraînement et séparation des microbes en suspension dans l'eau sous l'influence d'un courant d'air* (*Comptes rendus*, t. 158, 16 février 1914).

gouttelettes microbiennes se déposent sur les objets refroidis [1].

3° Une détente barométrique, surtout si elle est accompagnée d'un abaissement notable de température, accélère la précipitation des gouttelettes microbiennes.

D'autre part, la rotation du ventilateur dans le local d'expérience a donné lieu aux observations suivantes:

1° Outre le tourbillon d'entraînement principal formé autour de l'axe du ventilateur, on a constaté la formation de tourbillons perpendiculaires dans les angles des parois verticales du local.

2° Dans ces tourbillons, on peut observer que les gouttelettes microbiennes sont sollicitées à la fois par la force centrifuge qui les rejettent hors des circonférences d'évolution et la force centripète provenant du vide intérieur formé de l'axe de rotation des tourbillons.

3° Dans le mouvement giratoire des gouttelettes, il se forme un triage; lesgouttelettes les plus fines sont retenues autour des axes et suivent le même chemin, tandis que d'autres, sollicitées par les deux forces contraires, se tiennent en équilibre.

4° On constate, en certains points, la formation d'amas de gouttelettes microbiennes qu'on peut numérer en y plaçant des boîtes de Pétri, en même temps qu'on aperçoit des veines de poussières aqueuses ascendantes et descendantes le long des tourbillons verticaux.

Ces observations sont analogues à celles qui ont été faites par divers savants, notamment par Weyler dans leurs études sur les tourbillons aériens.

Les résultats de ces expériences soulignent une fois de plus l'insalubrité des locaux habités et mal ventilés en montrant la façon dont se comportent les poussières aqueuses microbiennes. L'humidité provenant de la respiration et qui est accompagnée de substances volatiles pouvant

---

[1] Les boîtes de Petri disposées verticalement dans une buée microbienne ne s'ensemencent pas, même après plusieurs secondes d'exposition, si la température des plaques est légèrement supérieure à celle du milieu ambiant. L'objection faite par ceux qui n'admettent pas la transmission des épidémies par l'intermédiaire de l'air et tirée de ce que, dans la pratique bactériologique, les observations journalières montrent la rareté des contaminations accidentelles perd donc ici toute sa valeur. On peut encore ajouter, pour répondre à cette objection, que les terrains de culture usuelle ne conviennent pas à l'ensemencement des germes ultramicroscopiques.

servir d'aliments gazeux aux microbes, constitue une ambiance favorable à leur multiplication. Ces mêmes résultats montrent en outre le danger de l'emploi de ventilateurs dans les locaux fermés ou insuffisamment aérés. Par suite du mouvement giratoire et du triage qui s'opère, ils provoquent, en certains points, des zones dans lesquelles s'amassent les gouttelettes microbiennes et où doivent s'accumuler, en raison de leur ténuité, les microbes des maladies les plus transmissibles par l'air.

Toutes ces considérations pourront permettre d'aborder d'une façon plus rationnelle l'étude de la ventilation et de la purification de l'air des locaux habités. En attendant, elles peuvent déjà donner d'utiles indications aux hygiénistes.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1914.

Ministère des Travaux publics. *Études des gîtes minéraux de la France. Bassin de la Basse-Loire*, par M. E. BUREAU. Fascicule II : *Description des Flores fossiles.* Paris, Imprimerie nationale, 1914; 2 vol. in-4°, texte et atlas.

Institut de France. Académie des Sciences. Observatoire d'Abbadia. *Observations faites au cercle méridien en* 1913, par M. l'abbé VERSCHAFFEL. Hendaye (B.-P.), Imprimerie de l'Observatoire, 1914; 1 vol. in-4°.

Deuxième expédition antarctique française (1908-1910), *commandée par M. le Dr Charcot : Annélides polychètes. Crustacés parasites des Annélides polychètes. Ptérobranches*, par CH. GRAVIER. Paris, Masson et Cie; 3 fasc. in-4°. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

Les origines mystiques de la Science « allemande », par RENÉ LOTE. Paris, Félix Alcan, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Appell.)

Du Christianisme au Germanisme, par RENÉ LOTE. Paris, Félix Alcan, 1914; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Appell.)

Encyclopédie des Sciences mathématiques pures et appliquées. Tome IV, vol. 6, fasc. 1 : *Balistique extérieure*, d'après C. CRANZ, par E. VALLIER. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Appell.)

L'Association française pour l'avancement des Sciences, de mars 1913 *à juillet* 1914, par ERNEST LEBON. Paris, Gauthier-Villars, 1914; 1 fasc. in-8°.

Onderzoekingen gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, uitgegeven door C.-A. PEKELHARING en H. ZWAARDEMAKER, vijfde reeks XV. Utrecht, A. Oosthoek, 1914; 1 vol. in-8°.

The american Ephemeris and nautical Almanac for 1916. Washington, Government printing Office, 1914; 1 vol. in-8°.

The nautical Almanac and astronomical Ephemeris for 1917, *for the meridian of the royal observatory at Greenwich*, publ. by order of the Lords Commissioners of the Admiralty. Edinburgh, Neill and Co Ld. Bellevue, 1914.

University of California. *Publications of the Lick Observatory;* t. VII. Sacramento, Friend Wm. Richardson, superintendent of State Printing, 1913; 1 vol. in-4°.

United States naval Observatory. *Publications,* second series, t. VIII. Washington, Government printing Office, 1914; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 18 janvier 1915.)

Note de M. *B. Jekhowsky*, Observations de la comète 1913*f* Delavan, faites à l'Observatoire de Paris :

Page 96, ligne 10, 4[e] colonne du premier Tableau, *au lieu de* $16^h 38^m 14^s,27$, *lire* $16^h 38^m 34^s,77$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er FÉVRIER 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

DIÉTÉTIQUE. — *Sur la ration du soldat en temps de guerre.*
Note de M. Armand Gautier.

D'après quels principes alimenter normalement l'homme au repos, au travail, au combat, l'été ou l'hiver? Ce problème, que viennent compliquer encore les variables qu'y introduisent les considérations d'âge, de sexe, de poids individuels, de race, etc., est presque impossible à résoudre expérimentalement, au laboratoire, en son intégralité. Il faut l'aborder par l'observation directe de ce qui se passe dans des conditions déterminées, sur un grand nombre de sujets aussi semblables que possible, et considérer comme normaux les régimes alimentaires qui suffisent, en chaque cas, à conserver la santé générale, sans déperdition sensible de poids, des groupes d'individus astreints à ces régimes.

L'alimentation est différente en chaque pays; mais on sait que tous les aliments se composent toujours essentiellement de quatre classes de principes nutritifs : les *substances albumineuses* ou *protéiques*, les *graisses*, les *hydrates de carbone* (amidons, sucres, etc.) et les *sels minéraux*. L'analyse chimique permet de déterminer leur proportion dans chaque aliment et l'on a établi directement chez l'homme, par des expériences calorimétriques très précises, l'énergie que chacun de ces principes nutritifs fournit à celui qui s'en nourrit.

De très nombreuses mesures, faites plus particulièrement au *calorimètre respiratoire* par Atwater et ses collaborateurs américains, il résulte qu'en

se détruisant dans le corps humain, chacune des trois premières classes de principes nutritifs dégage une quantité d'énergie qui, pour une alimentation mixte (végétale et animale) est la suivante : 4 Calories pour 1 gramme de *substance albumineuse;* $8^{\mathrm{Cal}},90$ pour 1^{g} de *substances grasses;* $4^{\mathrm{Cal}},0$ pour 1^{g} d'*hydrate de carbone* disparu. Mais comme une petite proportion de chacun de ces matériaux, quoique ingérée, est rejetée par l'intestin sans avoir été utilisée, les coefficients précédents doivent être légèrement corrigés. Ils deviennent *pratiquement*, d'après les expériences d'Atwater et pour un régime mixte :

	Cal
Pour 1 gramme de *matières protéiques*	3,68
» de *matières grasses*	8,45
» de *matières amylacées ou sucrées*	3,88

Grâce à ces coefficients pratiques si l'on connaît la composition et le poids de chaque aliment ingéré, et pourvu qu'on opère sur un nombre suffisant de sujets bien portants, aussi semblables entre eux que possible et vivant dans les mêmes milieux, on peut mesurer, en calories utilisables, la valeur de chaque régime et déterminer, pour des conditions définies de travail ou de repos, de sexe, d'âge, de climats, le régime alimentaire normal, c'est-à-dire celui qui a suffi, en chaque cas, à conserver sensiblement le poids, la santé et les forces des individus ou groupes que l'on considère.

Ceci dit, pour calculer les besoins du soldat astreint en temps de guerre et l'hiver à un travail souvent très fatigant, voyons d'abord ce que donne l'observation de l'ouvrier proprement dit, agricole ou industriel, d'abord dans nos pays tempérés, puis dans les pays plus froids du nord de l'Europe.

a. Alimentation de l'ouvrier laboureur du Midi de la France. — J'ai suivi, durant plus de 12 mois, deux familles moyennes de paysans travaillant très régulièrement 300 jours par an environ, ne buvant aucune autre liqueur alcoolique que le vin, et à dose modérée pour de rudes travailleurs. En tout 14 personnes, dont 2 femmes et un enfant de 7 ans; ces trois dernières comptées ici pour 2 hommes adultes (1). Ce personnel a consommé en 5003 journées les quantités d'aliments que j'inscris au Tableau suivant, avec le calcul des principes alimentaires correspondants utilisables (2) :

(1) On compte, en alimentation, qu'une femme équivaut à 0,8 homme.

(2) Il faut remarquer que les coefficients caloriques pratiques ci-dessus ne s'appliquent qu'à la matière alimentaire réellement ingérée et qu'il faut, dans ces calculs, déduire du poids de l'aliment livré au marché celui des *déchets* ou résidus inutilisables

Nature des aliments consommés.	Total en 5003 journées.	Quantités d'aliments par jour et par tête.	Quantités correspondantes de principes alimentaires (1). Albumines.	Graisses.	Hydrates de carbone.
Pain (dont 20kg de pâtes d'Italie).	4277kg	855g	69,0g	10,2g	427g
Viande brute (avec os) de bœuf, mouton, rarement de porc.....	771	154 (2)	23,0	6,2	0,5
Graisse et huile................	304	61	»	57,0	»
Pommes de terre (poids brut)...	2750	526	5,45	0,4	85,0
Légumes secs (haricots, fèves, etc., et pois pour un quart).........	890	178	40,50	3,4	92
Légumes verts (choux pour moitié, carottes, poireaux, etc.).......	1055	212	2,2	0,52	13,5
Sucre........................	»	10	»	»	9,5
Vin à 8°,7 centésimaux.........	6700lit	1336cm³	3,5	»	125,2 (3)
Café et chicorée................	»	Infus. de 24g	0,7	»	1,0
		Totaux...	144,3	77,72	753,7

Ces quantités, traduites en calories, donnent :

Pour les *Albuminoïdes*..................	$144^g,3 \times 3,7 =$	$533^{Cal},9$
» *Graisses*........................	$77,7 \times 8,5 =$	660,4
» *Hydrates de carbone*...........	$753,7 \times 3,9 =$	2939,4
	Total...	4133,7 Calories

b. Alimentation des ouvriers du chemin de fer de Paris à Rouen. — Le calcul de cette alimentation, autrefois relevée soigneusement par de Gasparin, dans le but de savoir quelle était l'influence de la viande sur le travail de l'ouvrier, m'a conduit aux chiffres suivants : pour les *Albuminoïdes*, 518,7 Ca-

de cuisine ou de table (épluchures, tendons, os, etc.). Pour l'appréciation de ces déchets inutilisables on a dressé, en Amérique et en France, des Tables détaillées. (Voir pour ces Tables mon Traité : *Alimentations et Régimes*, 3e édition, p. 151.)

(1) Pour la composition des aliments, nous avons toujours pris, dans ce Mémoire, la composition moyenne donnée dans les Tables de J. König (*Chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs...;* Berlin, 1889); dans quelques rares cas, les nombres de M. Balland ou les miens. On a rapporté les calculs des trois dernières colonnes à l'aliment net (*partie utilisable*).

(2) Les quatre quartiers du bœuf ou du mouton, laissant environ un quart de déchets (os, cartilages, etc.), 154g de viande brute répondent donc à 115g de viande sans os.

(3) Dans ce Mémoire l'alcool est toujours calculé en poids de sucre fournissant une quantité égale de Calories. Le chiffre 125Cal,2 comprend aussi la chaleur due à la combustion des autres parties organiques du vin (albumine, dextrine, gommes, etc.).

lories; pour les *Graisses*, 705^{Cal},5; pour les *Hydrates de carbone*, 2756^{Cal},5. Total : 3980,7 Calories (*calcul rectifié*) (¹).

c. *Alimentation des campagnards des Flandres belges* (Prof. A. Lonay). — Le même calcul m'a donné dans ce cas : pour les *Albumines*, 424 Calories; pour les *Graisses*, 878^{Cal}; pour les *Hydrates de carbone*, 2425^{Cal}. Total : 3727,4 Calories (*calcul rectifié*).

On sait que ces campagnards sont d'intrépides ouvriers.

En nous bornant à ces trois exemples, pour les pays à températures modérées, et pour une alimentation répartie sur toute l'année, nous arrivons à une ration apportant, en moyenne, 3947 Calories par jour pour des régimes adoptés après une longue série de tâtonnements antérieurs, régimes ayant permis à ces ouvriers de fournir un bon travail de façon continue tout en conservant leur santé et leurs forces, travail fatigant sans être excessif.

Quant aux pays plus froids du nord de l'Europe, le Tableau suivant, sans donner les détails de l'alimentation variée du paysan ou celle de l'ouvrier urbain, indique la composition de leur ration journalière en principes définis et le calcul de la valeur en Calories de chacun de ces régimes :

	Albumines.	Graisses.	Hydrates de carbone.	Calories correspondantes.
Valets de ferme allemands du Laufzorn (*Ranke*)	143	108	788	4520
Charpentiers suédois; gros travaux (*Sieven*)	188,6	110,1	714	4590
Agriculteurs de Novogorod (*Griaznoff*)	151,5	56,5	798	4296
Scieurs de bois d'Astrakan (*Soudekoff*)	210,6	92,6	867	5103
Charpentiers d'Astrakan (*Soudekoff*)	144,1	72,8	693	3998
Forgerons anglais (*Playfair*)	176	71,0	666	3846
Équipages de rameurs des États-Unis d'Amérique (*Atwater*)	155	177	440	3803
Tailleurs de pierre de Cronstadt (*Ivanoff*)	220	95	931	4151
Bûcherons allemands (*J. Liebig*)	135	108	876	4830
		Moyenne		4349^{Cal}

(¹) Alimentation comprenant 660g de viande brute et 750g de pain. Pour le reste de l'alimentation habituelle de l'ouvrier, je ne détaille pas la nature des aliments afin de raccourcir.

La moyenne de toutes ces rations de pays plus froids que le nôtre, calculée en Calories, nous donne donc le chiffre de 4349, au lieu de 3947 moyenne trouvée pour les ouvriers de nos climats tempérés se livrant à des travaux à peu près équivalents. Cette différence de 402^{Cal} est en partie attribuable à la température habituellement plus froide du milieu ambiant, en partie aussi au poids plus élevé des individus du nord de l'Europe.

Éclairés par ces indications, examinons maintenant si la ration actuelle du soldat français, en temps de guerre et particulièrement l'hiver, répond bien à ses besoins.

Le Tableau suivant indique les quantités et la nature des aliments qui lui sont officiellement alloués (1).

Nature et quantités des aliments, par jour et par tête, alloués au soldat français en temps de guerre.	Albuminoïdes.	Graisses.	Hydrates de C.
Pain 750g [ou pain de guerre : 600g (2)]	60g	9g	397,0g
Viande fraîche brute : 500g (soit 400g viande sans os ou 280g en conserve)	75	20,25	1,4
Potage condensé (3) : 50g	2,7	14,40	21,0
Légumes secs, parfois riz (4) : 100g	18,7	1,70	38
Sucre : 31g	»	»	30,5
Lard ou graisse : 30g	0,3	20,0	»
Café torréfié : 24g	0,8	»	2,6
Vin à 10° centés. : 250^{cm^3} ou eau-de-vie 62^{cm^3}	0,7	»	35,0
	158,2	65,35	525,5

Calcul en Calories de cette ration (dite *ration de guerre ou forte*).

Pour les albuminoïdes	$158{,}2^{g} \times 3{,}7 =$	$585{,}3^{Cal}$
Pour les graisses	$65{,}3 \times 8{,}5 =$	555,0
Pour les hydrates de carbone	$525{,}5 \times 3{,}9 =$	2049,4
Total		3189,7 Calories.

(1) Voir mon *Traité de l'Alimentation et des régimes*, p. 78. Je me suis assuré qu'à part quelques variantes très minimes (tels que le potage condensé), variantes dont je tiens ici compte, rien n'a été changé depuis la publication de mon Ouvrage (1908).

(2) Ce pain, très apprécié du troupier, a été créé en 1908 par la Commission de *Revision de l'alimentation des troupes*, que je présidais au Ministère de la Guerre.

(3) Pour 50g, ce produit est formé d'un mélange comprimé de farine de haricots, 23g,7; graisse, 14g,2; sel, oignon roussi, etc., avec 12,8 d'humidité.

(4) Calcul rapporté à un mélange de légumes secs (pois, haricots, fèves et riz).

Je ne connais pas les derniers règlements de l'Administration de l'armée allemande, mais dans l'hiver de 1870-1871, au siège de Paris, sa ration alimentaire fut portée de 3100 à 4350 Calories environ.

A cette heure, notre soldat français reçoit donc une ration correspondant à 3190 Calories (¹), inférieure, remarquons-le, à celle de l'ouvrier de nos pays soumis à un travail fatigant sans être excessif (3947^{Cal}) et plus encore à celle de l'ouvrier des pays froids du nord de l'Europe (4349^{Cal}).

Il faut, par conséquent, se demander comment il se fait que ce soldat, recevant en plein hiver une ration répondant à 3200^{Cal} environ, c'est-à-dire inférieure à celle de nos laboureurs et ouvriers, non seulement ait résisté, mais ait généralement paru assez satisfait de son alimentation, et cela par des froids assez vifs, alors que la ration qui lui est allouée semble en déficit d'un quart environ, comme on va le montrer.

Remarquons d'abord que la satisfaction très réelle de nos troupes, au point de vue de leur alimentation, s'est fait sentir surtout dès le commencement de la guerre, en été et en automne dernier; elle a été graduellement moins marquée depuis les froids de l'hiver. Mais, puisque l'alimentation à 3190 Calories indiquée au Tableau précédent (¹) a suffi à nos soldats pour combattre ou faire des marches souvent très pénibles, et qu'ils s'en sont déclarés d'abord satisfaits *dans la saison tempérée*, il faut considérer cette ration à 3200^{Cal} comme suffisante dans ces conditions de saison.

Mais, en hiver, il n'en est plus ainsi et il est absolument nécessaire de relever de 800 à 900 Calories le régime des combattants. En effet, M. le professeur P. Maurel, de Toulouse, et surtout M. J. Lefèvre (²) ont établi expérimentalement que, pour des hommes suffisamment vêtus, le passage du régime d'été à celui d'un hiver moyen entraîne à une consommation supplémentaire d'aliments répondant à 800^{Cal} ou 1000^{Cal}. Nos combattants recevant une ration de 3190^{Cal} (voir plus haut), ration reconnue suffisante

(¹) Je crois savoir qu'à la suite de remarques de plusieurs chefs de corps, la ration de guerre détaillée ci-dessus a été, dans ces derniers temps, très sagement augmentée, au moins dans quelques corps d'armée. Le sucre et le café auraient été doublés, le pain augmenté de 100^g (parfois plus); la graisse portée de 30^g à 40^g; une tablette de chocolat de 40^g est distribuée tous les deux jours. Enfin, certains régiments reçoivent, par homme et par jour, une allocation de 22 centimes mise à la disposition des chefs, ce qui leur permet de renforcer la ration par des achats supplémentaires laissés à leur choix. Ce sont là de bonnes additions. On verra un peu plus loin qu'elles sont encore un peu insuffisantes; elles ne sont d'ailleurs pas généralisées.

(²) *Congrès d'Hygiène alimentaire*, Paris, 1906.

en saison tempérée et déjà inférieure à celle de nos ouvriers campagnards ou urbains, ont donc besoin en hiver d'un supplément de 800 à 1000 Calories; soit $3190 + 900 = 4090$ Calories.

Si, pourtant, il semble qu'avec 3190^{Cal} seulement nos valeureux soldats ont pu résister même en hiver, ceci tient à deux causes principales : la première, c'est que ces soldats ne sont pas toujours en activité de combat; après 3 à 4 jours de tranchée ou de bataille, ils vont se reposer à l'arrière un temps presque égal. Ils n'ont plus besoin, dès lors, que d'une ration moindre et ils se refont sur la ration forte de travail qu'ils continuent à recevoir.

La seconde cause qui remédie à l'insuffisance momentanée de la ration officielle, c'est l'envoi d'aliments supplémentaires par les familles, les Sociétés de secours et l'Administration de la Guerre elle-même dont on ne saurait trop reconnaître les services éminents et l'initiative depuis le commencement de la guerre. Elle vient d'augmenter (on l'a déjà dit plus haut en note, p. 164) de 400 à 500 Calories le régime du soldat, au moins dans un certain nombre d'armes et il a été très heureusement mis à la disposition des commandants de corps une petite somme destinée à améliorer la ration journalière. Mais on ne saurait entièrement tabler sur ces conditions un peu aléatoires, presque irrégulières.

Pour réaliser normalement et utilement ce supplément indispensable de 900^{Cal} environ qui manque à notre ration de guerre en hiver, on peut recourir à diverses additions. Le mieux serait, pensons-nous, de donner à nos troupes un peu plus de corps gras, d'aliments amylacés ou sucrés et de vin. On pourrait ajouter au régime actuel 30^{g} de graisses, 150^{g} de pain (celui-ci pouvant être remplacé par 350^{g} de pommes de terre et 32^{g} de sucre) et 50 centilitres de vin compté à 10° centésimaux. Ces additions représentent un appoint de 887 Calories (1); ce qui porterait à $3190 + 887 = 4077$ la valeur en Calories de la ration du soldat français combattant en hiver.

Voici les raisons de ces choix. La quantité de 65^{g} de graisse totale de la ration actuelle du soldat (voir le Tableau p. 163) est jugée insuffisante par tous les techniciens. L'addition de pain, de sucre ou de pommes de terre serait la bien venue. L'augmentation du café ne nous semble pas néces-

(1) Pour 30^{g} de graisse, 245^{Cal}; pour 150^{g} de pain, 369^{Cal}; pour 50 centilitres de vin à 10° centésimaux, 273^{Cal}; pour 350^{g} de pommes de terre (brutes, 350^{g}) $= 248^{\text{Cal}}$; pour 32^{g} de sucre, 125^{Cal}.

saire; l'abus de cet excitant amène l'insomnie; il diminue la précision des petits mouvements et du tir. Quant à l'addition de 50 centilitres de vin, nous la considérons comme indispensable, pendant le froid de l'hiver surtout, pour assurer l'effort excessif qu'on demande à nos soldats. Rien ne saurait remplacer utilement pour eux cette boisson alcoolique. Qu'on le remarque bien : lorsqu'il s'agit de produire tout à coup le travail intensif de l'attaque ou de la défense, il n'est pas indifférent de fournir aux combattants l'énergie dont ils ont besoin sous la forme d'amidon, de graisse ou de sucre dont l'assimilation et l'utilisation sont relativement lentes, ou bien sous la forme intensive, à réalisation presque immédiate, d'une liqueur alcoolique étendue et, tout particulièrement, de vin. Les aliments, en effet, n'ont pas seulement pour rôle d'assurer la réfection des organes ou leur calorification; ils ont aussi un effet nervin; ils doivent entretenir l'excitation nerveuse propre à déclencher l'effort. Il est des boissons, telles que le thé, le café, la kola, le maté, le bouillon, etc., qui, sans être à proprement parler alimentaires, font cependant apparaître momentanément cet état de tension nerveuse d'où résulte la dépense rapide et l'utilisation des réserves disponibles de l'individu. Il est d'autres agents, tels le cacao, le vin, la bière et les autres liqueurs fermentées qui sont à la fois des excitateurs et des nutriments; mais ils ne sauraient se remplacer les uns les autres. Remarquons, par exemple, que l'eau-de-vie et le vin, *à quantité égale d'alcool*, ne s'équivalent pas dans leurs effets. Comme l'a si bien établi M. Nicloux, lorsque l'alcool est absorbé sous la forme concentrée de liqueurs fortes [eau-de-vie, rhum (¹), kirsch, gin, arack, etc.], une partie s'unit à la matière nerveuse dont il n'est ensuite que lentement éliminé; il tend ainsi peu à peu à faire dégénérer la substance nerveuse, si l'usage de ces liqueurs est continué. Au contraire, si l'alcool est très étendu d'eau, comme il l'est dans la bière ou le vin, et toujours à la condition expresse qu'il soit pris à doses modérées, il est presque entièrement et rapidement brûlé (*Atwater*); il réchauffe ainsi l'économie et la fait bénéficier aussitôt de l'ardeur momentanée qui facilite et amène l'effort. L'usage presque universel des boissons fermentées (4° à 15° centés.) ne répond donc pas à un besoin factice, il convient particulièrement à ceux qui ont besoin de fournir un travail rapide et puissant; à ceux qui ne trouvent dans leur alimentation qu'une ressource insuffisante : à l'ouvrier qui travaille beaucoup et mange mal; au vieillard qui dépérit; au

(¹) Il faut remarquer de plus, en passant, que ces liqueurs fortes, et le rhum en particulier, sont souvent artificiellement composées avec des résidus ou queues d'alcool riches en alcools supérieurs, alcool amylique surtout, très dangereux.

convalescent, au montagnard, au pionnier qui vivent dans les pays froids, humides, marécageux; au soldat qui se bat l'hiver. Bien plus, ainsi qu'on l'a souvent remarqué, l'usage modéré du vin, du vin et non de la bière, protège contre l'abus de l'eau-de-vie. Le donner à nos hommes à la dose très modérée de 50 à 75 centilitres dans les conditions actuelles où ils combattent c'est leur éviter bien des maux (refroidissements, bronchites, pneumonies, diarrhées, rhumatismes, gelures, etc.); c'est épargner bien des jours d'hôpital; c'est conserver nos combattants; c'est entretenir leurs forces et leur bonne humeur; c'est les détourner du cabaret et de l'alcool.

Toutes ces considérations doivent faire passer sur les quelques difficultés pratiques, très secondaires, du transport et de la distribution à nos troupes d'une boisson si hautement utile.

PHYSIQUE. — *Le mouvement brownien d'après Lucrèce.* Note de M. G. Gouy.

Au deuxième Chapitre du poème *De rerum natura*, on trouve le passage qui suit (1) :

Quand un rayon de soleil se glisse dans une chambre ténébreuse, regarde : mille corpuscules s'agitent en tumulte dans le vide au sein des rayons de la lumière. Ils semblent engagés dans une guerre sans fin; ils se livrent des combats et des assauts, chargeant troupe contre troupe; point de repos, sans cesse ils se divisent et se rallient.... Ces corpuscules, qui s'agitent dans des rayons de soleil, méritent d'autant plus ton attention, que *leur agitation trahit le secret des mouvements invisibles des atomes*. Car tu y verras souvent des particules de matière, assaillies de chocs invisibles, changer de direction, retourner en arrière et rejaillir en tous sens. Or c'est des atomes que tout ce trouble prend naissance. C'est eux qui d'abord se déplacent par eux-mêmes; ensuite, les corps composés, mais dont la masse est petite, et qui se rapprochent le plus des atomes par la force qu'ils possèdent, sont poussés et mis en mouvement par les chocs invisibles des premiers; à leur tour, ils en ébranlent d'autres un peu plus grands. C'est ainsi que le mouvement, partant des atomes, va en grandissant jusqu'à ce qu'il apparaisse enfin à nos sens par le déplacement de ces corpuscules que nous pouvons distinguer dans un rayon de soleil; et cependant nous ne voyons pas à découvert les chocs qui en sont la cause.

Le phénomène que décrit le poète et qu'il essaye d'expliquer n'est pas le mouvement brownien, qui n'est visible qu'au microscope. Il est vrai que, dans ces conditions de vif éclairage, l'œil nu peut percevoir des corpuscules

(1) Traduction L. Crouslé; Charpentier, 1885.

de dimensions microscopiques, mais l'amplitude des déplacements resterait insensible. Les mouvements observés sont dus simplement aux courants d'air qui ne peuvent jamais manquer totalement dans ces conditions.

Il est à noter, du reste, que la description fort exacte indique que les mouvements sont en partie coordonnés (*troupe contre troupe*), tandis que le mouvement brownien a un caractère individuel.

Il n'est pas moins remarquable que Lucrèce ait formulé, comme conséquence de ses hypothèses atomiques et cinétiques, une prévision très nette de l'existence du mouvement brownien. Dans nos idées actuelles, il n'y a guère qu'un chose à y reprendre, c'est l'intervention de corps de diverses grandeurs, pour transmettre finalement l'agitation des atomes aux corpuscules visibles. Nous pensons au contraire que les atomes (ou les molécules) agissent directement par leurs chocs pour mettre en mouvement ces corpuscules.

On peut dire que l'école d'Épicure, plus heureuse ici que dans beaucoup de ses théories physiques, a eu une intuition de grande valeur, mais que l'imperfection des méthodes d'observation ne lui a pas permis d'en montrer une vérification acceptable, qui était réservée à notre époque.

M. **Ch. Lallemand** présente à l'Académie, de la part de MM. le général Madsen, directeur des travaux géodésiques du Danemark, et le lieutenant-colonel Petersen, un remarquable Mémoire imprimé portant ce titre : *De danske Kysters Middelvandstande og disses reduktion til « Stille » Polhøjdevariationens Indflydelse* (Le niveau moyen de la mer sur les côtes danoises, corrigé de l'action des changements de la pression atmosphérique, et l'influence de la variation des latitudes.

Les latitudes, on le sait, subissent des variations liées au double mouvement périodique dont sont animés les pôles géographiques à la surface de la Terre : *mouvement annuel*, d'origine météorologique, et *mouvement précessionnel*, d'environ 14 mois de période, tenant à la différence des moments principaux d'inertie du globe par rapport à la ligne des pôles, d'une part, et autour d'un diamètre équatorial, d'autre part.

Pour mettre en évidence la relation qui existe entre ce dernier mouvement et les variations du niveau de la mer, MM. Madsen et Petersen ont calculé, pour les neuf stations marégraphiques en fonctionnement sur les côtes du Danemark et pour une période de 21 ans (1891-1911), les hauteurs moyennes mensuelles du niveau de l'eau.

Ces hauteurs ont été corrigées de l'influence perturbatrice des variations de la pression barométrique; on s'est appuyé, pour cela, sur une hypothèse, formulée par M. La Cour dans son Livre « *Quasinivellement* », d'après laquelle une relation linéaire existerait entre la hauteur du niveau de la mer et la différence des pressions barométriques relevées sur les deux parallèles limites de la zone maritime considérée.

Une seconde correction ayant été effectuée pour éliminer l'influence de la partie météorologique du mouvement, les restes correspondent très nettement à la courbe sinusoïdale, de 14^{mm} d'amplitude et de 14 mois de période, obtenue, par le calcul, en partant de l'amplitude connue de la partie précessionnelle des variations de la latitude.

Il y a là une intéressante confirmation des résultats de l'observation directe de ces dernières variations.

CORRESPONDANCE.

M. **Lecointre** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1914.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une nouvelle forme d'extrémités polaires pour électros à applications chirurgicales*. Note de MM. **Brandt** et **Darmezin du Rousset**, présentée par M. Lippmann.

L'électro-aimant classique, instrument de diagnose et d'opération, ne permet pas d'explorer ou d'agir commodément sur toutes les régions du corps, sous des angles variables, à des profondeurs déterminées, diverses, et suivant des intermittences de fonctionnement facilement réglées.

Il importerait pourtant que la fonction de cet appareil soit plus complètement encore une des phases du diagnostic, ou que tout au moins elle aide le chirurgien dans sa tâche difficultueuse, puisque les phénomènes qui seront produits visiblement ou sensiblement dans l'organisme tendront à confirmer ou à infirmer les signes fonctionnels ou physiologiques et les hypothèses symptomatiques. De même, son application, à l'insu du blessé, peut aider, dans de nombreux cas, à éliminer les réponses fantaisistes d'un individu influencé, le plus souvent, par l'ascendant psychique du chirurgien.

Enfin, dans la pratique chirurgicale, les cas précis mis à part, il facilitera singulièrement l'extraction des *sables métalliques* magnétiques, détergeant ainsi rapidement une plaie complexe.

Or, dans tous ces cas, nous considérons que l'attraction massive, à distance sans intermédiaire, peut ne pas suffire ou encore être nuisible.

C'est donc pour satisfaire aux besoins de la pratique et pour étendre le champ des applications que nous avons songé à rendre mobiles (tout en conservant une très puissante action) les extrémités polaires de l'électro-aimant, leur donnant des formes pratiques pour les recherches opératoires : sondes droites coudées, lamellaires, pouvant se fixer sur une articulation magnétique spéciale ou, en plus de cette dernière, sur un bras souple, sorte de ressort, et mieux encore, des sondes d'une longueur capable de diriger, en les canalisant, une grande quantité de lignes de forces pour agir efficacement sans aucun lien matériel avec l'électro-aimant. C'est ainsi qu'un éclat d'obus pesant 9^{g} a pu recevoir une attraction mesurée à 200^{g}, la sonde se trouvant à 27^{cm} de l'électro-aimant; et une attraction de 450^{g}, la sonde se trouvant à 15^{cm} de l'électro-aimant.

On peut donc ainsi travailler à des distances variant de 5^{cm} à 30^{cm} de l'appareil, la sonde subissant un effort magnétique qui ne gêne en rien la souplesse de main.

Lorsqu'il est indispensable d'obtenir un effort maximum, l'articulation avec le noyau magnétique se fait au moyen d'une rotule à surface sphérique d'un rayon plus faible que celui de la partie femelle creusée à l'extrémité utile de l'électro. L'adhérence magnétique de ces deux pièces est énorme; malgré cela, la mobilité reste parfaite. Les pièces que nous vous présentons ne sont pas autre chose que des milieux de grande perméabilité canalisant le flux magnétique, et permettant de porter à l'intérieur de l'organisme des aimants puissants.

Enfin, l'appareil entier est mobile en tous sens, grâce à un support articulé; celui-ci porte en même temps l'interrupteur de courant manœuvré par le pied de l'opérateur.

Une chemise métallique facilement aseptisée entoure l'extrémité de l'électro-aimant; les pièces mobiles peuvent être stérilisées par tous procédés connus.

Les premières expériences ont été faites à la Ferté-Vidame et à Paris; M. Brandt a fait des recherches au moyen d'appareils de puissances diverses et nous avons pu contrôler les effets produits.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solubilité des hydrates*. Note (¹) de M. L. GAY, présentée par M. Haller.

Si nous connaissons, à température constante, la tension de vapeur d'eau (et par suite la tension d'expansibilité, Π, par rapport à H^2O) d'une solution, nous pouvons calculer, *a priori*, à une constante près, sa tension d'expansibilité Π' par rapport au corps dissous anhydre A (²). En effet, par intégration, depuis la composition $A + aH^2O$ jusqu'à $A + bH^2O$ de la relation de Duhem-Margules

$$a\,d\log\Pi_a = -\,d\log\Pi'_a,$$

on obtient

$$\log\Pi'_b = \log\Pi'_a - \int_{\Pi_a}^{\Pi_b} a\,d\log\Pi_a = \log\Pi'_a - \text{aire A'ABB' (graph. 1)}.$$

Nous pouvons donc calculer, à la même constante près Π'_a, son produit d'expansibilité, $\Pi^m\Pi'$, par rapport à un hydrate A, mH^2O (³).

Soit Z_m le produit d'expansibilité de ce dernier; imposons lui la tension d'expansibilité Π de la solution. On a, $[\Pi']_m$ étant la tension de l'expansibilité de l'hydrate par rapport à A,

$$\frac{[\Pi']_m}{\Pi'} = \frac{Z_m}{\Pi^m\Pi'}.$$

Le constituant A *tend* donc à passer dans la phase dont le produit d'expansibilité est le plus faible, cette dernière phase est stable par rapport à l'autre. Toutefois, une solution telle que $\Pi^m\Pi'$ soit supérieure à Z_m est réalisable, elle est sursaturée.

L'intégrale précédente peut s'écrire

$$\log[\Pi^m\Pi']_a = \log[\Pi^m\Pi']_m - \int_{\Pi_m}^{\Pi_a} (a - m)\,d\log\Pi_a = \log[\Pi^m\Pi']_m - \text{aire MNA}.$$

L'hydrate ne peut donc se séparer de sa solution que si $[\Pi^m\Pi']$ est supé-

---

(¹) Séance du 18 janvier 1915.

(²) Voir dans la Thèse de l'auteur (*La notion de tension d'expansibilité*; Gauthier-Villars, Paris, 1914) la signification de ce terme et le calcul de sa valeur à partir des tensions de vapeur.

(³) Voir la Note de l'auteur : *Le produit d'expansibilité* (*Comptes rendus*, t. 160, p. 64).

rieur à Z_m, la composition de la solution saturée est alors $A + sH^2O$ ou $A + SH^2O$ telle qu'on ait

$$\text{aire } MO'C' = \text{aire } MOC = \log[\Pi^m \Pi']_m - \log Z_m.$$

Les limites de stabilité de l'hydrate par rapport à sa solution sont les tensions Π_s et Π_S; hors de cet intervalle il *tend* à perdre ou à fixer de l'eau pour donner une solution saturée.

Il serait intéressant de réaliser, expérimentalement, les solutions sursaturées dont la composition est comprise entre $A + sH^2O$ et $A + SH^2O$

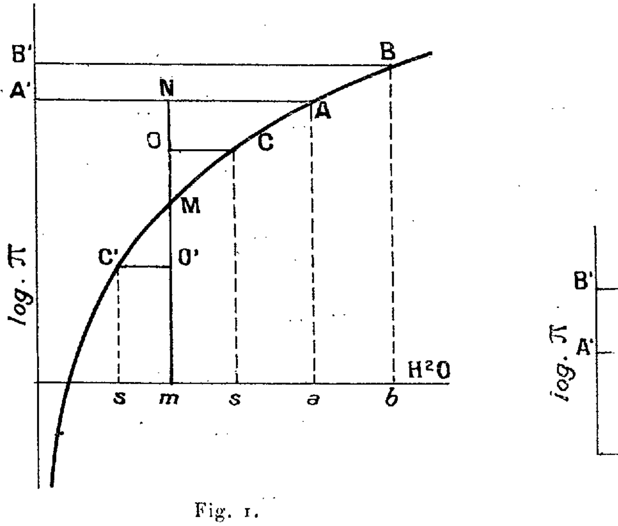


Fig. 1.

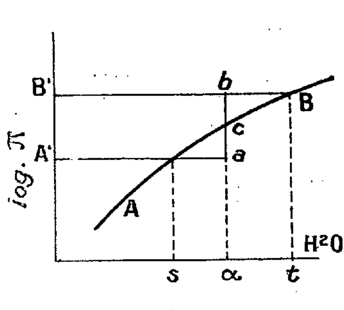


Fig. 2.

et d'en déterminer les tensions de vapeur d'eau afin de vérifier l'égalité des aires MOC et MO'C'.

A pression constante on a, la température variant sans que la solution cesse d'être saturée,

$$d\log Z_m = d\log[\Pi^m \Pi'] = \frac{\partial}{\partial s}\log[\Pi^m \Pi']_T\, ds + \frac{\partial}{\partial T}\log[\Pi^m \Pi']_s\, dT;$$

d'où

$$(m-s)\left[\frac{\partial \log \Pi}{\partial s}\right]_T ds = \frac{E}{RT^2}\left(Q - m\frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial H^2O} - \frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial A}\right)dT = \frac{E}{RT^2}\frac{\partial q}{\partial A, m H^2O}dT.$$

D'autre part,

$$d\log\Pi = \left[\frac{\partial \log \Pi}{\partial s}\right]_T ds + \left[\frac{\partial \log \Pi}{\partial T}\right]_s dT = \frac{E}{RT^2}\left(\frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial H^2O} - \frac{1}{s-m}\frac{\partial q}{\partial A, m H^2O}\right)dT$$

[Q : chaleur de formation de l'hydrate à partir des constituants pris à l'état de gaz parfaits;

$\frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial H^2O}$ et $\frac{\partial \mathfrak{Q}}{\partial A}$: chaleurs absorbées quand on extrait osmotiquement, à température constante, à l'état de gaz parfait, une molécule H^2O, ou A, d'une quantité infiniment grande de la solution saturée;

$\frac{\partial q}{\partial A, m H^2O}$: chaleur absorbée quand on dissout, à température constante, une molécule de l'hydrate dans une quantité infiniment grande de la solution saturée;

Enfin, la dernière quantité entre parenthèses exprime la chaleur absorbée quand, la solution restant saturée, on en élimine, à l'état de gaz parfait, une molécule H^2O.]

Soit AB (*fig.* 2) la courbe donnant les valeurs de $\log \Pi$ entre les compositions $A + sH^2O$ et $A + tH^2O$ (solution saturée en A, nH^2O).

On a

$$(n - m)\log[\Pi]_m^n = \log\frac{Z_n}{Z_m} = n\log\Pi_t + \log\Pi'_t + m\log\Pi_s - \log\Pi'_s$$
$$= n\log\Pi_t - m\log\Pi_s - \text{aire A'ABB'}$$

qu'on peut écrire

$$\log[\Pi]_m^n = \log\Pi_t + \frac{1}{n-m}\left(m\log\frac{\Pi_t}{\Pi_s} - \text{aire A'ABB'}\right),$$

ou bien

$$\log[\Pi]_m^n = \log\Pi_s + \frac{1}{n-m}\left(n\log\frac{\Pi_t}{\Pi_s} - \text{aire A'ABB'}\right).$$

Suivant que le point n est à droite, ou à gauche, de α (tel que aire $A\alpha c$ = aire Bbc), $[\Pi]_m^n$ est, par rapport à Π_t, du même côté que Π_t par rapport à Π_s, ou du côté contraire.

De même, suivant que m est à droite, ou à gauche, de α, $[\Pi]_m^n$ est, par rapport à Π_s, du même côté que Π_t ou du côté opposé.

Si donc les branches auxquelles appartiennent s et t se coupent selon un eutectique (m et n sont de part et d'autre de α), $[\Pi]_m^n$ est toujours compris entre Π_s et Π_t. Si, au contraire, ces deux branches se coupent selon un point de transition, $[\Pi]_m^n$ est toujours en dehors de l'intervalle $\Pi_s - \Pi_t$.

Il serait intéressant de vérifier expérimentalement la relation précédente, par exemple en réalisant (et déterminant les tensions de vapeurs) les solutions sursaturées depuis le point s jusqu'au point t.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la phototropie des systèmes inorganiques. Système du sulfure de strontium.* Note de M. **José Rodriguez Mourelo**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une Note antérieure, j'ai établi que certains systèmes inorganiques, que nous pouvons considérer comme de véritables solutions solides, ont la propriété de changer leur coloration sous l'influence de la lumière, et le phénomène est réversible [1]. Les produits présentant cette phototropie sont précisément quelques mélanges sensibles aux rayons lumineux et photoluminescents, composés d'un diluant, généralement du sulfure de baryum, ou de strontium, ou de calcium, et d'un phosphorogène ou matière active dissoute.

Je me propose, aujourd'hui, de rendre compte de mes expériences sur le système du sulfure de strontium avec un ou deux phosphorogènes.

Pour préparer les systèmes phototropiques, je suis parti du carbonate pur de strontium, obtenu par précipitation de l'azotate au moyen du carbonate de sodium. Je l'ai d'abord additionné de $0^g,15$ de carbonate de sodium anhydre et $0^g,05$ de chlorure de sodium pour 100. J'ai alors incorporé au mélange la matière active et ensuite de la fleur de soufre. On soumettait le tout, dans un creuset de terre, à l'action de la chaleur du rouge vif pendant 4 heures. Les phosphorogènes que j'ai essayés, à l'égard de la phototropie du système du sulfure de strontium, ont été le manganèse et le bismuth, dont l'efficacité comme matières actives est bien connue. J'ai disposé deux séries, de dix corps chacune, contenant, comme phosphorogènes et en quantités variables : la première, du manganèse et, la seconde, du manganèse et du bismuth.

En admettant l'influence de la matière active, introduite dans la grande masse du dissolvant, dans la phototropie du système, il était important d'avoir quelques renseignements quantitatifs sur son activité, et voici les premiers résultats que j'ai obtenus, en faisant varier les proportions de la matière active.

Systèmes avec un seul phosphorogène. — *a.* $0^g,1$ de Mn pour 100 de CO^3Sr. Le produit est blanc un peu grisâtre. Il devient phosphorescent, avec intense luminescence vert jaune, quand on l'expose aux actions de la lumière directe. Il présente, en même temps, un commencement de phototropie rosée.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 122.

b. 0g,05 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Phosphorescence vert jaune en une minute. Phototropie rosée, plus intense que la précédente.

c. 0g,025 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Intense phosphorescence. Peu phototropique.

d. 0g,01 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Très phosphorescent. Phototropie verdâtre de peu d'intensité.

e. 0g,005 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Phosphorescence très intense. Phototropie verdâtre.

f. 0g,0025 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Peu phosphorescent. Sa phototropie, verdâtre, devient plus foncée avec la lumière.

g. 0g,001 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit jaunâtre. Peu de phosphorescence. Intense phototropie rouge jaunâtre.

h. 0g,0005 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Très peu phosphorescent. Peu phototropique, devient plus foncé à la lumière.

i. 0g,00025 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Pas de phosphorescence. Très peu de phototropie rougeâtre.

j. 0g,0001 de Mn pour 100 de CO^3Sr. Produit grisâtre. Pas de phosphorescence. Phototropie très intense verdâtre.

On voit, dans ces expériences, que le manganèse est un phototrope et, en même temps, un phosphorogène, dont l'efficacité a toujours été reconnue. Mais, jusqu'à présent, il a été impossible de trouver une loi du phénomène, ni même d'établir des relations entre l'intensité de la phosphorescence et la phototropie. Moins encore pouvons-nous signaler des relations entre les proportions de corps actif dissous dans la masse du sulfure de strontium et l'impressionnabilité du système à la lumière directe.

Systèmes avec deux phosphorogènes. — J'ai employé le manganèse et le bismuth, dans des proportions égales, en opérant, du reste, comme dans la série précédente, c'est-à-dire en exposant les corps pendant une minute aux actions de la lumière directe, sans insolation. Voici les premiers résultats que j'ai obtenus :

a'. 0g,1 de Mn et 0g,1 de Bi pour 100 de CO^3Sr. Le produit est verdâtre. Très faible phosphorescence. Un peu phototropique. La lumière augmente l'intensité de la phototropie, qui est rosée.

b'. 0g,05 de Mn et 0g,05 de Bi pour 100 de CO^3Sr. Produit verdâtre, de nuance plus claire que le précédent. Très peu de phosphorescence. Phototropie comme dans le cas précédent.

c'. 0g,025 de Mn et 0g,025 de Bi pour 100 de CO^3Sr. Produit verdâtre, encore plus clair. Pas de phosphorescence. Phototropie comme dans les systèmes précédents.

d'. 0g,01 de Mn et 0g,01 de Bi pour 100 de CO^3Sr. Produit presque blanc. Phosphorescence verte intense. Phototrophie comme dans les cas précédents.

e'. 0g,005 de Mn et 0g,005 de Bi pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc verdâtre. Phosphorescence verte intense. Phototropie comme dans les cas précédents.

f'. $0^g,0025$ de Mn et $0^g,0025$ de Bi pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc grisâtre. Phosphorescence comme dans le cas précédent. Phototropie verdâtre peu intense.

g'. $0^g,001$ de Mn et $0^g,001$ de Bi pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Phosphorescence vert jaune. Phototropie verdâtre faible.

h'. $0^g,0005$ de Mn et $0^g,0005$ de Bi pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Phosphorescence égale à la précédente. Phototropie rougeâtre.

i'. $0^g,00025$ de Mn et $0^g,00025$ de Bi pour 100 de CO^3Sr. Produit blanc. Phosphorescence égale à la précédente. Phototropie un peu plus intense que la précédente.

j'. $0^g,0001$ de Mn et $0^g,0001$ de Bi pour 100 de CO^3Sr. Magnifique phosphorescence verte et violette. Phototropie splendide vert bleuâtre, très intense et très persistante.

On voit que la phototropie est plus constante dans les systèmes à deux phosphorogènes.

Après avoir exposé les résultats obtenus avec d'autres systèmes inorganiques, phosphorescents et phototropiques, je me propose d'exposer ultérieurement mes vues théoriques sur les phénomènes observés.

TECHNOLOGIE. — *Imperméabilisation des tissus par imprégnation des éléments constitutifs. Observations sur les essais de résistance des tissus.* Note de M. **Lucien Liais**.

L'imperméabilisation des tissus après tissage ne donne de résultats satisfaisants, ni au point de vue hygiène, ni au point de vue durée.

L'imperméabilisation ainsi réalisée ne permet pas de faire pénétrer dans l'épaisseur du tissu les substances destinées à le rendre imperméable, et ces substances déposées en surface sont rapidement éliminées par frottement, brossage ou pliage.

Le procédé donnant le meilleur résultat consiste à imprégner, avec une substance propre à imperméabiliser, les éléments constitutifs du tissu (chaîne et trame).

L'opération s'effectue de la façon suivante :

Les fils de trame enroulés en cannettes sont plongés dans un autoclave contenant de la dissolution de caoutchouc, ou toute autre solution propre à imperméabiliser, et soumis à une pression produisant une imprégnation complète du fil.

Le tissage s'effectue avec les cannettes, alors que la dissolution est encore à l'état liquide.

Par l'action du peigne du métier à tisser, le fil de trame subit des pressions et dépressions alternatives faisant sortir de la trame l'excès de liquide, qui est transporté et réparti sur les fils de chaîne par le frottement du peigne.

La réduction en chaîne et en trame du tissu et la densité de la dissolution sont déterminées de telle sorte qu'on obtienne une imperméabilisation complète avec circulation d'air.

Ce procédé a en outre l'avantage de conserver l'aspect ordinaire des surfaces. Les draps de laine ainsi traités peuvent être apprêtés par les procédés ordinaires de lainage et de foulonnage.

Le prix de revient est très réduit, les opérations ordinaires du tissage n'étant augmentées que du traitement de la trame à l'autoclave.

Observations sur les essais de résistance des tissus. — Les moyens actuels d'essai des tissus sont au nombre de deux :

1° Essai de résistance dynamométrique;

2° Essai d'allongement.

Les essais de résistance dynamométrique et les essais d'allongement sont imprécis et fournissent des résultats erronés.

La résistance dynamométrique d'un tissu varie dans de grandes proportions suivant le degré hygrométrique du milieu où est fait l'essai. A moins d'être dans des conditions de dessiccation parfaites, on ne peut obtenir de résultats comparables entre eux.

On peut poser en principe que la qualité d'un tissu est fonction de la résistance au frottement des fils de chaîne et de trame entre eux, et non de la résistance dynamométrique ou du pourcentage d'allongement.

Partant de ce principe, le mode d'essai rationnel d'un tissu s'effectue en prélevant des fils de chaîne et des fils de trame.

On fixe, à deux supports, un fil de chaîne tendu horizontalement et l'on fait glisser à frottement sur ce dernier un fil de trame sollicité à l'une de ses extrémités, par un poids déterminé, l'autre extrémité étant reliée à une excentrique, donnant au fil un déplacement constant, vertical et latéral.

En enregistrant le nombre de courses jusqu'à la rupture de l'un des deux fils, on obtient des résultats en rapport avec la qualité des tissus. En opérant ainsi, on se rapproche des conditions de travail normal auquel ils sont soumis.

Résultats d'essais. — La fabrication a porté jusqu'ici sur les tissus pour confection de pneumatiques. Les résultats des essais pour un tissu imprégné de 80^g de gomme sèche au mètre carré, comparé au même tissu sans imprégnation, sont les suivants :

Désignation du tissu.	Essai au dynamomètre.	Essai au frottement.	Moyenne de roulement du pneu.	Augmentation de diamètre, pneu de 120.
Coton Géorgie, 11 brins, 10×10, tissu ordinaire.	298^{kg}	130 courses	1471^{km}	12^{mm} à 1000^{km}
Coton Géorgie, 11 brins, 10×10, tissu fils gommés	283^{kg}, 200	207,3 courses	2543^{km}	6^{mm} à 2000^{km}

Il ressort de ces résultats que le meilleur rendement a été obtenu avec le tissu qui donne la plus faible résistance dynamométrique et le moindre allongement. Par contre, il donne la plus grande résistance au frottement.

GÉOLOGIE. — *Itinéraire Tombouctou-Taoudeni-Kidal et Gao.* Note de M. R. **Chudeau.**

Depuis 1905, d'assez nombreux itinéraires avaient été levés dans cette partie de l'Afrique, à l'occasion de reconnaissances militaires; les principaux sont dus au colonel Laperrine, aux capitaines Nieger et Cortier. L'aspect du pays était à peu près connu.

J'ai pu cependant préciser quelques points relatifs surtout à l'hydrographie. L'oued Tamandourirt dont les têtes se trouvent entre In Echaïe et Mabrouk a été reconnu en un assez grand nombre de points et son cours est assez bien fixé depuis son origine jusqu'au voisinage de Guir (180^{km}). L'oued Tamanracet avait été suivi ou souvent recoupé depuis sa source dans l'Ahaggar jusqu'à Tin Dedin (650^{km}); je pense avoir retrouvé sa vallée à 250^{km} en aval de Tin Dedin, dans l'Erg Tagibé, entre In Echaïe et El Gattara.

Les mollusques subfossiles abondent dans tous les terrains d'alluvion; les formes fluviales appartiennent à la faune soudanaise. Les formes terrestres, beaucoup moins abondantes, sont représentées surtout par des *Limicolaria* qui du Soudan remontent jusqu'au 21° long. N et par des *Helix*, d'affinité paléarctique, que l'on trouve encore à In Echaïe par 20° long. N.

Au point de vue géologique, j'ai pu apporter quelque précision à la connaissance de terrains déjà signalés pour la plupart dans la région (terrains cristallins, grès anciens, calcaires carbonifères et Crétacé).

On sait que, au Sahara, le Crétacé débute par des grès et des argiles d'origine lagunaire qui couvrent des surfaces considérables; ils sont très développés dans la région qui nous occupe au sud de Taoudeni, dans le

Djouf, autour du Timetrin et dans le Tilems, à l'ouest de l'Adrar des Iforas; on y trouve des débris de reptiles et des bois silicifiés.

Entre l'Adrar et l'Aïr, ces grès sont surmontés de formations marines avec fossiles caractéristiques du Cénomanien et du Turonien; ces fossiles font défaut à l'ouest de l'Adrar des Iforas où le Crétacé moyen est représenté par des formations lagunaires. La transgression cénomanienne marine ne s'est pas étendue vers l'Ouest.

Quant au Crétacé supérieur, son extension est beaucoup plus considérable et on le trouve avec ses fossiles habituels entre Mabrouk et l'Adrar. La transgression du Crétacé supérieur est donc bien marquée dans cette partie du Sahara.

Les alluvions et les tufs quaternaires, d'âge mal défini, sont fréquents comme dans toutes les parties basses du Sahara. Plusieurs semblent correspondre à des bassins fermés (In Échaïe). Le plus important, la sebkha d'Agorgott, près Taoudeni, contient seul d'importants dépôts de sel dont le rôle dans le commerce saharien est depuis longtemps connu.

Les dunes sont nombreuses et méritent quelques remarques. Il y a d'abord à noter leur rareté dans la partie la plus creuse du Sahara, le Djouf oriental; cette rareté s'explique probablement par l'absence de vallées importantes dans la région : le vent n'avait pas de sable d'alluvion à sa disposition.

Un peu plus au Sud, on connaît un assez grand nombre de chaînes de dunes dont les plus importantes ne dépassent guère 1^{km} de large; les sommets les plus hauts atteignent 15^{m} à 20^{m} tout au plus.

Mais ces chaînes se prolongent sur de grandes longueurs pendant des centaines de kilomètres. Elles sont orientées ENE-WSW, parallèlement au vent dominant. Sur notre littoral les dunes sont habituellement normales au vent qui leur donne naissance. Les géologues du Service égyptien ont déjà signalé ce fait pour la chaîne d'Abu Moharik qui, entre le Nil et le désert de Libye, forme une bande large de 6^{km} à 7^{km} et longue de 650^{km}, orientée N-S comme le vent dominant.

Les dunes en croissant, les barkhanes, qui sont souvent considérées comme la forme élémentaire théorique de la dune, sont rares; je n'en ai vu qu'un petit groupe entre Mabrouk et In Ehtissan. Cette forme paraît exceptionnelle dans tout le Sahara; elle semble être l'accident et non la règle.

Les roches volcaniques n'avaient pas encore été signalées dans la région parcourue; elles sont abondantes entre Taoudeni et El Gattara.

La roche est un labradorite andésitique passant à la diorite.

J'ai reconnu au voisinage de mon itinéraire trois centres éruptifs. Le premier à mi-chemin entre Telik et Taoudeni; le second auprès de Telik (Guelb Zegrara); le troisième entre Telik et El Gattara (Guelb Niemelou).

Ce sont des collines en forme de dômes (Guelb) entourées de dykes rayonnants. Les coulées ne jouent qu'un rôle secondaire et je n'ai pas vu de cinérites.

L'importante falaise de R'nachich ($+40^m$ à $+60^m$) qui, d'El Gattara à El Ksaïb (250^{km}) limite au Sud le Djouf, semble liée à ce groupe volcanique; daus sa partie orientale, le Djouf serait une fosse d'effondrement. L'origine du Chott de Taoudeni serait analogue à celle du Chott Tigri dans le Sud Oranais (E.-F. Gautier, *Comptes rendus*, 12 octobre 1914).

L'âge de ces éruptions est difficile à fixer; auprès de Telik, un dyke affleure à 65^m au-dessus de l'oued qui le sépare de Guelb Zegrara. Le début des phénomènes volcaniques serait assez ancien. Mais les détails de l'hydrographie montrent que le pays a subi des modifications récentes. Les oueds, quoique voisins, sont sans liens entre eux; certains viennent buter contre des dykes.

A part cette falaise d'effondrement, un seul accident tectonique mérite d'être signalé. Un axe anticlinal, orienté NE-SW, se décompose en brachyanticlinaux qui ramènent un jour les schistes cristallins au milieu des terrains crétacés. Cet axe est jalonné par le Tadrart (60^{km} au nord-est de Tombouctou), le plateau peu élevé d'El Hadjeïrat (entre El Eroug et Bou Djebeha) et le massif plus important du Timetrin qui atteint une cinquantaine de kilomètres du SW au NE; ses sommets sont voisins de 800^m. Ces trois accidents topographiques sont constitués par des schistes cristallins et des quartzites.

MYCOLOGIE. — *Sur les suçoirs des* Balladyna, Lembosia *et* Parodiopsis (*Parodiella* pr. part.). Note de M. G. **Arnaud**, présentée par M. Prillieux.

1° *G. Balladyna* Rac. — *B. Gardeniæ* Rac. (n° 88) [1] et *B. velutina* (B. et C.) v. Hohnel (Elmer 13065) ont des suçoirs coralloïdes analogues

(1) Les échantillons étudiés proviennent des récoltes de Maublanc (M), Ule (U), Puttemans (P) faites au Brésil, de l'exsiccata de Roumeguère (R) et des collections du Muséum dont l'origine est diverse (Rick, Ule, etc.).

à ceux d'*Asterina Balansæ* Speg., mais placés dans l'épiderme et dans les cellules sous-jacentes.

2° *G. Lembosia* Lév. — Comme chez les *Asterina*, les suçoirs sont des filaments émis par la partie extérieure du champignon (cellules des conceptacles ou du mycélium plus ou moins différencié). Ces filaments porte-suçoirs traversent la cuticule, puis circulent dans les parois cellulaires en donnant, en général, des digitations qui refoulent la partie la plus interne de la paroi cellulaire et qui constituent les suçoirs proprement dits. Les diverses couches constituant ces suçoirs sont parfois mise en évidence par un gonflement général : *Asterina vagans* Speg. (M. 349), *Asterina* sp. (M. 178). Dans le genre *Lembosia*, on constate une tendance à la réduction du nombre des hyphopodies qui peuvent être très rares, et à l'accroissement du porte-suçoir qui peut devenir un véritable mycélium interne.

Les suçoirs des *Lembosia* sont plus variés que chez les *Asterina* ; on peut les grouper autour de quelques types :

1° Chez *Asterina melastomatis* Lév. (M. 300 *bis*, 301 ; P. 309 pro parte, subnom. *Seynesia Melast.*) le filament traverse la cuticule, se renfle en s'étendant entre la cuticule et la paroi cellulosique et, vers le tiers supérieur de la cellule épidermique, produit par refoulement un suçoir de forme générale sphérique constitué par des digitations rayonnantes. A ce type se relient un certain nombre de *Lembosia* de Mélastomacées que nous grouperons provisoirement sous le nom de *L. melastomatum* Mont. ; la forme α (M. éch. de Caraca, Brésil) a des suçoirs identiques au type; β (M. 37, 298 *bis*; P. 309 pr. p.) forme le suçoir proprement dit dans le tissu en palissade, mais le filament porteur émet un renflement qui refoule la cellule épidermique voisine et occupe la place de sa cavité; γ (M. 370) présente un filament-porteur ramifié et cloisonné, s'étendant dans toute l'épaisseur de la feuille et portant de nombreux suçoirs; ce filament peut pénétrer par les stomates quand le champignon se trouve à la face inférieure de la feuille; δ (Ule 82) est analogue au précédent, mais le suçoir est formé de digitations irrégulières. Des formes simples α, β on peut rapprocher *L. similis* Brés. (Rick 60) dont les suçoirs oblongs sont dans l'épiderme et dans l'assise palissadique, tandis que *L. Byrsonimæ* Henn. (Ule 197) est analogue à δ avec un développement moindre.

2° Les suçoirs à digitations en buissons irréguliers, dont *Ast. Balansæ* est le type simple, se retrouvent chez *Lembosia* sp. (Ule 1809), *Lembosia* sp. sur *Mollinedia* (Rick 262). *Lembosia* sp. sur *Psychotria* (Ule) présente un mycélium qui, par place, pénètre directement sous la cuticule, donnant un mycélium d'abord subcuticulaire, puis plus profond et qui forme par place des digitations groupées en suçoir globuleux. *L. Sclerolobii* Henn. (Ule) nous a montré un mycélium analogue au précédent, mais sans suçoirs différenciés.

3° Chez les Monocotylédones, les *Lembosia* étudiés présentent tous un appareil

absorbant analogue de constitution, mais plus ou moins développé, et formé de filaments cloisonnés circulant dans les parois cellulaires au voisinage de la cavité sans donner à proprement parler des digitations. Chez *L. globulifera* Pat. (R. 5969), les hyphopodies axiles émettent par une large ouverture un filament court en relation avec une cellule épidermique. Le filament est aussi épidermique, mais ramifié et cloisonné, chez *L. Philodendri* Henn. (Ule 2635); il pénètre dans le mésophylle et prend un plus grand développement chez *L. Dendrochyli* Lév. (type de Léveillé) et chez *L. Bromeliacearum* Rehm (Ule 81, sur *Guzmania* et *Vriesea*), dans ce dernier cas, les cellules du parasite réduisent fortement la cavité des cellules en proéminant vers l'intérieur, simulant la disposition des cellules sécrétrices dans un canal à résine. Chez *L. javanica* (Pat.) Rac. (Rac. 92) le mycélium interne forme une couche stromatique continue et très étendue entre l'épiderme et la couche sous-jacente.

On doit, semble-t-il, exclure du genre *Lembosia* le *L. Drymidis* Lév. et certains échantillons du *L. opaca* (R. 5257); chez ces champignons, on trouve un mycélium subcuticulaire formant des bandes ou une couche continue, comme chez le faux *Asterina pelliculosa* (R. 4842). *Lembosia pachyasca* Brés. (Rick. 76) est plutôt un *Asterina*, très voisin d'*A.* (ex Microthyrium) *cantareirense* (Henn). (P. 303); chez ces deux espèces, presque toutes les cellules du mycélium portent un suçoir, quoiqu'elles ne soient pas différenciées par leur forme; les suçoirs très nombreux sont réduits à un filament qui s'avance vers la cavité épidermique en se renflant légèrement à l'extrémité comme chez les *Meliola*.

3° Genre *Parodiopsis* Maubl. nov. gen. — Maublanc (inéd.) a séparé des *Parodiella* typiques certaines espèces à mycélium en partie superficiel et à périthèces dépourvus de vraies paraphyses. Les *Parodiella* typiques ont un mycélium interne en partie subcuticulaire d'où dérivent les conceptacles : *Parodiella perisporioides* Speg., *P. paraguayensis* Speg. (Balansa 3522), *P. graminodes* (Kze) Ellis et sa variété *reticulata* (Nash 1938).

Les *Parodiopsis* ont des périthèces superficiels et un mycélium externe qui assure l'extension des taches formées par le parasite à la face inférieure des feuilles. Ces champignons envoient dans les stomates un ou deux gros filaments qui se ramifient en un mycélium intercellulaire, épais, cloisonné et portant des suçoirs; ces filaments sont comparables aux filaments porte-suçoirs de *Lembosia melastomatum* γ et δ. Les suçoirs sont insérés par une partie amincie, ils peuvent être tous groupés autour du même type; ce sont des fragments d'hélice, d'autant plus enroulés qu'ils sont plus minces. *Parodiopsis* (?) *Strutanthi* (Henn.) nob. a des suçoirs gros, à peine courbés, parfois presque globuleux; chez *P. melioloides* (Winter) Maublanc (Ule 2589), *P. latericia* (Speg.) Maubl. (= *Parodiella consimilis* Speg.) (Ule)

et *P. manaosensis* (P. Henn.) nob. (Ule 3027), ils forment souvent un tour de spire; enfin chez *P. viridescens* (Rehm) nob. (Ule 54), ils sont plus fins et forment trois à quatre tours remarquablement réguliers. Ces suçoirs rappellent ceux que nous avons signalés chez *Trabutia quercina* Sacc. (1).

MÉDECINE. — *Localisation des projectiles et examen des blessés par les rayons X.* Note (2) de M. **Maxime Ménard**, présentée par M. d'Arsonval.

La localisation des projectiles par les rayons X se fait par la radioscopie et par la radiographie.

La radioscopie, procédé très précieux, ne permet pas toujours au chirurgien de découvrir le projectile. Des causes multiples entraînent souvent l'opérateur dans une direction autre que celle du corps étranger.

Il ne suffit pas, en effet, de connaître la situation d'un projectile, par rapport à certains repères cutanés, pour conduire jusqu'à lui une incision et le découvrir. On peut même dire que, dans de telles conditions, une intervention a de grandes chances pour échouer. Un heureux hasard peut donner au bistouri ou à la sonde le contact spécial révélateur; mais, la plupart du temps, c'est le doigt qui est chargé de reconnaître le corps étranger. La recherche devient alors extrêmement laborieuse et souvent elle reste vaine. Uue telle exploration aveugle serait même dangereuse (crâne, orbite, creux sous-claviculaire, etc.).

Pour notre part, nous avons utilisé les différents procédés radioscopiques, mais, malgré leur simplicité, nous n'hésitons pas à les rejeter de notre pratique pour trois raisons capitales:

1° Pendant l'opération, le chirurgien n'a pas un guide capable de le diriger exactement sur le corps étranger;

2° La radioscopie est la cause pour l'opérateur de *brûlures* très graves;

3° Certains corps étrangers échappent à l'examen radioscopique le mieux conduit.

Nous nous adressons à la méthode de Hirtz qui comporte un appareillage très simple. Elle est basée sur l'un des problèmes les plus élémentaires de la Géométrie descriptive.

---

(1) G. Arnaud, *Un champignon parasite des chênes* (*Annales de l'École nationale d'Agriculture de Montpellier*, 2e série, t. IX, 1910, p. 278).

(2) Séance du 18 janvier 1915.

Étant donnée une partie du corps, un membre par exemple, contenant un projectile et trois points de repère arbitrairement pris à la surface de ce membre, ces trois points et le corps étranger constituent dans l'espace un tétraèdre dont on détermine les deux projections horizontale et verticale.

Une radiographie double prise sur la même plaque et une épure très simple permettent le réglage du compas dont les trois pointes et l'aiguille centrale représentent précisément les quatre points sus-indiqués. Suivant les besoins, l'axe central du compas sert de pivot à une tige courbée selon un arc de cercle à concavité inférieure; l'aiguille ou *sonde de profondeur* du compas peut être placée sur cette tige courbée tout en étant mobile selon la normale à cet arc de cercle. Cette disposition spéciale de l'aiguille ou *sonde de profondeur* du compas est d'une importance capitale. Elle permet, en effet, d'éviter tous les obstacles qui peuvent se présenter au cours de la recherche d'un corps étranger, par exemple la présence de vaisseaux ou nerfs importants interposés entre le corps étranger et l'aiguille.

Nous avons eu l'occasion de faire 90 localisations de corps étranger à l'aide du compas de Hirtz et dans 88 cas la localisation a permis la découverte rapide du corps étranger et son extraction. Dans deux cas la recherche du projectile n'a pas été suivie d'extraction par suite de considérations chirurgicales.

1° *Observation de M. le professeur Legueu.* — M., 23 ans, tirailleur algérien, balle de shrapnell, située à 6^{cm} de profondeur de la pommette droite. Application du compas, découverte rapide de la balle en arrière de l'apophyse coronoïde du maxillaire inférieur.

2° *Observation de M. le médecin principal Toussaint et du Dr Baumgartner.* — B., 24 ans, soldat, balle de shrapnell située dans le lobe gauche du cerveau, à 5^{cm} de la paroi cranienne. Malade dans le coma. Extraction rapide. Le blessé, opéré le vendredi, assistait à un concert le mercredi suivant.

3° *Observation de M. le Dr Baumgartner.* — D., 26 ans, soldat, balle de shrapnell située à 6^{cm} de la paroi antérieure de la cuisse (articulation coxo-fémorale). Application du compas. La sonde de profondeur arrive au contact de la capsule articulaire et montre que la balle est encore éloignée de 6^{mm}. Incision de la capsule et découverte de la balle.

4° *Observation du Dr Autefage.* — G. (Charles), 34 ans, balle de fusil ayant pénétré par le creux sus-claviculaire gauche. Fracture de la clavicule. Le malade est radiographié dans un hôpital militaire et le projectile semble situé au centre du creux axillaire gauche. Opération, le projectile n'est pas découvert.

Le 10 janvier; la localisation du projectile est faite par le Dr Maxime Ménard, par rapport à la face postérieure de l'omoplate.

Trépanation de l'omoplate au niveau de son tiers supérieur, dissociation des fibres du sous-scapulaire, découverte du projectile à l'endroit indiqué.

5° *Observations du Dr Michon.* — Éclat d'obus situé dans la loge rénale droite. Localisation par le Dr Maxime Ménard. Extraction par une incision lombaire avec résection de la douzième et de la onzième côte. La recherche fut un peu difficile car il fut nécessaire de réséquer deux côtes et parce qu'il y avait de la périnéphrite intense au niveau de la pointe du rein. Localisation exacte. Guérison sans incident.

6° Balle située dans la paroi postérieure du pharynx, ablation par une incision carotidienne. Localisation précise. Guérison.

7° Balle de fusil dans l'articulation coxo-fémorale gauche, extraction par une incision postérieure. La balle est logée en arrière de la tête fémorale dans une logette creusée à moitié dans la tête fémorale et à moitié dans le cotyle. Ablation très facile, guérison.

8° Balle de shrapnell dans le corps de la deuxième vertèbre dorsale. Ablation par une incision sur le bord antérieur du sterno-mastoïdien (localisation faite au lit du malade).

La balle est située sur la moitié droite de la deuxième vertèbre dorsale. L'extraction a été très facile et très rapide. On passe entre le paquet vasculo-nerveux d'une part et le lobe thyroïdien, l'œsophage d'autre part et l'on arrive directement sur la balle, située dans une logette osseuse. Guérison.

Ces quelques observations suffisent à démontrer quelle sécurité le compas de Hirtz offre au blessé et au chirurgien pour la découverte des projectiles. Nous sommes autorisés à ajouter, à nos 90 localisations personnelles, 110 localisations faites avec succès à l'Hôpital maritime de Rochefort-sur-Mer par M. Abel Perdrigeat. Nous dirons donc que la méthode de localisation de Hirtz, avec une instrumentation très simple, donne une précision rigoureuse, de l'ordre du millimètre. Cette méthode nécessite une épure géométrique, épouvantail pour bien des confrères, mais ce graphique est tellement simple que tout le monde peut le faire.

Nous dirons enfin qu'il n'est pas besoin d'une installation radiographique très puissante pour obtenir la localisation précise d'un corps étranger. Certaines localisations (n° 8) ont été faites avec notre installation transportable Gallot-Gaiffe. Cette installation nous permet d'assurer le service radiographique d'un grand nombre d'ambulances. A ce jour, nous avons fait 780 examens radiographiques et 63 examens radioscopiques. Une installation puissante n'est donc pas indispensable à chaque ambulance ou hôpital auxiliaire à la condition que l'examen du blessé soit assuré par un matériel transportable.

De ce qui précède nous concluons que :

1° La localisation des projectiles par la méthode de Hirtz est précise, d'une exécution facile et n'exige pas de personnel spécial ;

2° L'examen des blessés par les rayons X est fait aisément, même au lit du blessé, avec une installation transportable.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 25 janvier 1915.)

Note de M. *G. Bigourdan*, Description d'un nouvel instrument pour la comparaison différentielle des grandes distances angulaires célestes :

Page 112, ligne 32, *après* de l'axe A, *ajouter* de manière que chacune fasse approximativement avec cet axe un angle égal à $\frac{1}{2} p_1 p_2$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 FÉVRIER 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Istrati, Président de l'Académie roumaine, qui assiste à la séance.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'existence de roches néphéliniques grenues dans l'archipel volcanique de Kerguelen.* Note de M. **A. Lacroix**.

L'archipel de Kerguelen, situé dans l'extrême sud de l'océan Indien, à peu près à égale distance de l'Afrique et de l'Australie, par 70° de longitude Est et 50° de latitude Sud, comprend une grande île, extraordinairement découpée et creusée de fjords profonds; cette île est entourée de 130 îles plus petites ou îlots et d'environ 160 roches. Couverte en partie de glaciers inexplorés, elle est inhabitée, mais elle est fréquentée par des baleiniers et des chasseurs de phoques.

La constitution géologique et minéralogique de cette terre française n'est connue que par quelques travaux exécutés à la suite de l'expédition de Sir J.-C. Ross (1840) et surtout des expéditions anglaises (*Challenger* et *Volage*) et allemande (*Gazelle*), effectuées en 1874 à l'occasion du passage de Vénus.

Depuis quelques années seulement, les collections du Muséum se sont enrichies de roches et de minéraux de cette région, recueillis par M. Bossière et surtout par les deux expéditions de M. Rallier du Baty : la dernière de celles-ci vient de se terminer et l'un de ses membres,

M. Loranchet, a été chargé de me remettre ses récoltes en même temps que quelques renseignements préliminaires.

Dans un des volumes de la publication du *Challenger* [1], M. A. Renard a exposé toutes les observations géologiques et minéralogiques faites sur Kerguelen. Les régions explorées jusqu'alors, c'est-à-dire l'Est et le Sud-Est de l'archipel, sont exclusivement de nature volcanique, et surtout constituées par de grandes coulées de basaltes, alternant par place avec des couches de lignite; il existe aussi quelques coulées ou filons trachytiques et phonolitiques.

Les expéditions Rallier du Baty ont fourni des documents sur ces mêmes régions (et en particulier sur beaucoup de points non touchés antérieurement) et aussi sur le Sud et l'Ouest dont l'exploration est rendue difficile par la présence de glaciers qui descendent jusqu'à la mer et par les violentes tempêtes qui y sévissent d'une façon presque constante. Là encore, il n'existe que des formations volcaniques (avec prédominance des basaltes).

L'étude de ces nouveaux documents permettra [2] de compléter et de préciser les détails de la composition des laves de l'archipel, mais je ne m'occuperai pas ici de cette question, voulant seulement appeler l'attention sur un trait imprévu de la structure de cette île, trait qui n'est pas sans intérêt théorique.

Dans une partie de la côte Est, dans le Port d'hiver, à une altitude d'environ 300^m, sur les flancs du mont Ballon, ont été recueillies des roches grenues, des *syénites néphéliniques* et des *micromonzonites*.

Ces syénites néphéliniques sont à rapporter à deux types : l'un est caractérisé par de l'augite ægyrinique d'un vert foncé, associé à de l'orthose faculée d'orthose sodique et à de la néphéline, avec, accessoire-

---

(1) *Report on the Petrology of Oceanic Islands* (*The Physics and Chemistry of the Voyage of H. M. S. « Challenger »*, Part VII, 1889, p. 107).

(2) Aux types volcaniques déjà signalés dans l'archipel, il faut ajouter un *pechstein* noir qui forme des dykes dans le basalte du fond de la baie de Cumberland, des ponces jaunes trachytiques (baie Swain) qui paraissent être la forme de projection du trachyte domitique recueilli au voisinage dans cette même partie de la côte sud; enfin une *andésite augitique* se débitant en dalles sonores et provenant de la même baie. Le type le plus fréquent parmi les trachytes est un *trachyte phonolitique* renfermant de l'augite ægyrinique, associée à de l'ægyrine, avec parfois un peu d'olivine ferrifère (baie de la Table) ou (baie Laisse-Porter) des aiguilles de kataforite, associées à de la biotite : dans ce dernier cas, les cavités de la roche sont remplies par de l'analcime et de l'ægyrine aciculaire. Les trachytes de la baie de la Table sont parfois imprégnés de quartz globulaire.

ment : zircon, magnétite, biotite et un minéral qui paraît apparenté avec la hiortdahlite. Dans l'autre type, l'orthose est faculée d'albite; les éléments colorés sont constitués par de la biotite et fort peu de hornblende; il existe du sphène; toute la néphéline est transformée en muscovite. La structure de ces deux roches est foyaïtique.

Les micromonzonites ont une structure porphyrique; de très nombreux cristaux éclatants de hornblende basaltique, un peu d'augite, d'ilménite, d'apatite et de grands cristaux de labrador automorphes sont disséminés au milieu de gros grains de labrador, d'orthose tachetée d'albite, de hornblende et de biotite. De même que dans les syénites, il existe de l'analcime (biréfringente).

La syénite néphélinique du premier type renferme des enclaves d'une roche micromonzonitique, qui est plus microlitique que microgrenue; sa pâte contient davantage de hornblende, moins de biotite que la précédente, avec, en outre, beaucoup de petites aiguilles de pyroxène, qui forment comme des buissons autour de la hornblende; ce pyroxène devient particulièrement abondant près du contact de la syénite néphélinique où la hornblende a disparu. Il est certainement le résultat d'une action métamorphique, consécutive à l'englobement de la roche par le magma syénitique.

Sur le plateau, bordant le nord de la baie Cumberland, a été recueillie une *essexite*, apparentée avec les roches précédentes; elle est de couleur foncée, constituée par de l'augite, de la biotite et de la hornblende en grandes plages, intimement associées entre elles et enveloppant plus ou moins ophitiquement des cristaux de labrador cerclés par de l'orthose faculée d'albite; un peu de néphéline intersertale est transformée en muscovite; à signaler encore une petite quantité d'ilménite et de sphène.

Les roches du mont Ballon ont été trouvées sous forme de blocs anguleux dans une fente étroite, à parois verticales, traversant une labradorite. Bien que l'observation manque de précision, il semble qu'il s'agisse là d'un filon en voie de démantèlement et, dans ce cas, la syénite néphélinique aurait traversé les coulées basaltiques. A quelques centaines de mètres plus haut se trouve un trachyte phonolitique.

Quoi qu'il en soit, il est tout à fait remarquable de constater la présence, au milieu de ces formations nettement volcaniques, d'intrusions de roches alcalines grenues offrant une parenté magmatique incontestable avec les phonolites et avec les trachytes épanchés. Cette observation est à rapprocher de celle que j'ai signalée déjà à Tahiti, où toute une famille de

roches alcalines, comprenant des syénites néphéliniques et des essexites, se rencontre au milieu des basaltes, dans une région riche en phonolites. C'est encore la répétition de ce que j'ai observé à la Réunion, où des roches grenues, dont quelques-unes alcalines, sont visibles en dykes et en sills incontestables au milieu des basaltes et des tufs du vieux volcan.

Il semble donc que ces intrusions de roches grenues soient un trait fréquent de la structure des îles volcaniques océaniques et il y a lieu d'appeler l'attention des explorateurs sur cette question que des recherches attentives permettront peut-être de généraliser davantage.

Aucune observation précise n'a été faite jusqu'à présent sur l'âge des éruptions de Kerguelen; il paraît seulement certain qu'il n'existe aucun appareil extérieur conservé. D'autre part, certains faits font penser que les épanchements ont une certaine antiquité. En effet, la présence de roches grenues en affleurements indique une érosion assez considérable, car jusqu'à présent, dans les pays où des roches de ce genre ont été observées en place, le plus près de la surface (Massif du Piton des Neiges, à la Réunion, par exemple), il a été possible de constater qu'elles ont dû se former sous une couverture d'au moins quelques centaines de mètres d'épaisseur. De plus, non seulement les basaltes et les labradorites de l'archipel présentent des phénomènes d'altération intense (abondance des zéolites) [1], mais souvent aussi leur pyroxène est ouralitisé, phénomène qui n'a jamais été observé dans des roches tout à fait récentes.

ASTRONOMIE. — *Application du* comparateur angulaire céleste *à la détermination de la réfraction astronomique et de sa* constante. Note de M. G. Bigourdan.

L'atmosphère terrestre, à travers laquelle nous observons toujours les astres, dévie les rayons lumineux qui la traversent obliquement, de sorte qu'en général nous ne voyons pas ces astres à la vraie place qu'ils occupent sur la sphère céleste.

Toute observation de direction doit donc être purgée de cette influence; aussi la correction de réfraction est appliquée depuis Tycho-Brahé qui, le

---

[1] Les nodules de zéolites (heulandite, stilbite, analcime, chabasie, mésolite), de quartz et de calcédoine (calcédonite à enroulement) sont extrêmement abondants : ils se trouvent libres à la surface du sol en fort beaux échantillons.

premier, en a donné une Table. Il avait observé que les réfractions ne sont pas toujours les mêmes, et Riccioli rattacha leurs variations à celles de la température; plus tard Newton montra qu'elles dépendent, en outre, de la hauteur du baromètre. Mais, jusqu'ici, la loi complète de la déviation des rayons lumineux dans l'atmosphère n'a pu être établie qu'en partant de certaines hypothèses, qui d'ailleurs donnent toutes des résultats différents au voisinage immédiat de l'horizon.

La méthode généralement employée jusqu'ici pour déterminer la réfraction est basée sur l'emploi des instruments méridiens appliqués aux observations absolues. Elle consiste, en principe, dans la comparaison des hauteurs méridiennes fournies par les culminations supérieure et inférieure de couples d'étoiles inégalement distantes du pôle, avec élimination de la latitude; à la culmination supérieure la réfraction est faible, tandis qu'elle est forte, au contraire, à la culmination inférieure; la comparaison des observations fait donc connaître les variations de la réfraction pour des hauteurs différentes; on obtient ainsi les éléments de la réfraction, et principalement ce qu'on appelle la *constante de la réfraction*, qui est l'effet de la réfraction pour un astre situé à 45° de hauteur, et qui est bien voisine de 1'.0".

On peut ainsi se rendre indépendant de la latitude et de ses variations; mais il faut supposer connues les déclinaisons absolues des étoiles, la flexion de la lunette, les erreurs des cercles et des vis micrométriques, l'influence de la variation des erreurs instrumentales et de la réfraction elle-même, dans l'intervalle des observations combinées de chaque couple. Enfin on ne peut opérer que dans la direction du méridien. Aussi est-il bien difficile de dire si la *constante* de la réfraction est vraiment une constante, si elle est la même dans les divers azimuts, dans les diverses saisons et dans les divers points du globe.

Les méthodes basées sur des mesures différentielles paraissent préférables, parce qu'elles dépendent uniquement des pointés micrométriques et des vis employées, de sorte que leurs résultats sont indépendants de beaucoup des éléments étrangers qui viennent d'être indiqués.

Le *comparateur angulaire* que nous avons décrit précédemment [1] se prête bien à une telle détermination.

---

[1] G. Bigourdan, *Description d'un nouvel instrument pour la comparaison différentielle des grandes distances angulaires célestes* (*Comptes rendus*, t. 160, n° 4, 25 janvier 1915, p. 111-114).

I. Supposons d'abord l'observateur placé dans de basses latitudes, au voisinage de l'équateur terrestre, et choisissons deux étoiles situées près de la région Est du premier vertical, l'une se trouvant près de l'horizon quand l'autre est vers le zénith; enfin, les lunettes du comparateur étant préalablement placées et fixées ([1]), dirigeons-les vers ces étoiles, le fil mobile de chacune des lunettes ayant une position connue ([2]) et voisine de la perpendiculaire au même vertical.

Le mouvement d'horlogerie qui entraîne le comparateur maintiendra chaque étoile dans le champ de la lunette correspondante, et ainsi l'on pourra faire un grand nombre de pointés sur ces étoiles, qui s'éloigneront graduellement l'une de l'autre parce que la différence des réfractions va en diminuant.

La distance angulaire des deux étoiles choisies peut différer notablement de 90° sans que la méthode cesse d'être applicable, car même à 20° ou 30° du zénith, on connaît bien la réfraction, et mieux encore ses variations. Aussi le choix des couples d'étoiles ne présentera aucune difficulté, même si les lunettes du comparateur sont de faible puissance.

La méthode s'appliquera aussi de même vers l'Ouest, mais alors la distance apparente des étoiles ira en décroissant. On pourrait d'ailleurs observer le même couple à l'Est et à l'Ouest, de manière que, de ce fait seul, on doublerait en six heures le déplacement observé.

II. Il sera sans doute intéressant de poursuivre les pointés tout à fait jusqu'à l'horizon; mais, pour la détermination de la constante de la réfraction, il faudra se borner à peu près à 85° de distance zénithale ([3]). Lors d'une

---

([1]) A peine est-il besoin de dire que les lunettes devront être mises en place et bien fixées à l'avance; on prendra aussi les dispositions utiles pour que l'instrument soit en équilibre de température. Il n'y a pas lieu d'indiquer ici en détail les précautions que l'habitude suggérera toujours à un observateur expérimenté.

([2]) Pour chaque lunette la lecture du mouvement diurne se déterminera comme à l'ordinaire, et généralement sera connue à l'avance, au moins approximativement. Cette lecture reste la même pendant toute la durée d'une observation, car chaque lunette se meut uniquement autour de l'axe horaire; et elle ne change d'une observation à l'autre que de la quantité dont le plateau P tourne autour de l'axe A. On a d'ailleurs tous les éléments pour calculer l'angle parallactique, de sorte qu'il sera facile de placer le fil mobile de chaque micromètre à peu près normalement au vertical des deux étoiles.

([3]) R.-T. Crawford, *On Astronomical Refraction* (*Publications of the Lick Observatory*, vol. VII, 1913, part 6, p. 159-199).

discussion récente d'observations faites à l'Observatoire Lick, dans le but spécial de déterminer la réfraction, M. R.-T. Crawford a pu, il est vrai, utiliser des observations faites à 87°49′ de distance zénithale; mais la qualité des images diminue alors rapidement, et la précision des pointés est beaucoup diminuée, comme le montre le Tableau suivant des poids obtenus par M. Crawford pour les pointés faits à diverses distances zénithales, et employés à déterminer la quantité cherchée *d*. log *a*.

Distance zénithale.	Poids.
60° à 70°	7,5
70° à 80°	11,8
80° à 85°	14,8
au delà de 85°	3,6

Ainsi, il sera bon de ne pas dépasser sensiblement la distance zénithale de 85°.

Or, en passant de 85° à 80° de distance zénithale, la réfraction normale diminue de 4′44″; l'observateur considéré pourra donc, en 20 minutes environ, mesurer une quantité égale à 5 fois la constante cherchée; et, si l'on peut commencer les pointés utiles à 87°, c'est 10 fois la quantité cherchée qu'on pourra mesurer directement en moins de 30 minutes [1].

III. Plaçons-nous maintenant dans les latitudes moyennes. Les couples étant convenablement choisis, la durée d'observation sera seulement un peu plus longue, les astres s'élevant obliquement. Voici, par exemple, pour Paris et en minutes de temps, les intervalles que mettent à passer de 85° à 80° et de 87° à 80° les étoiles de diverses déclinaisons :

Distances zénithales. Déclinaisons :	+40°	+30°	+20°	+10°	0°	−10°	−20°	−30°.
85° — 80°	54^m	43^m	32^m	31^m	31^m	34^m	41^m	81^m
87° — 80°	82	53	46	42	43	46	55	103

Ainsi on pourra déterminer la réfraction dans des azimuts fort différents sans que la durée des observations atteigne une heure.

---

[1] On pourra s'assurer de l'immobilité relative des deux lunettes en mesurant un même couple auxiliaire avant et après; les étoiles de ce couple auxiliaire seront choisies de manière à être toutes deux à peu près à la même hauteur; il sera mieux encore que la hauteur de la seconde étoile dans la dernière mesure soit égale à celle de l'autre dans la première, et inversement, de manière que l'effet de la réfraction reste le même dans les deux mesures de vérification.

IV. Dans certains cas, on pourra trouver avantage à remplacer l'étoile zénithale par une étoile notablement éloignée du zénith.

Enfin on pourra déterminer la réfraction sur le Soleil lui-même ([1]) comparé à une étoile zénithale ou autre; et cela offre au moins un avantage particulier, parce que c'est vers le coucher du Soleil que les ondulations atmosphériques sont moindres, qu'on a les meilleures images célestes.

Ainsi avec le comparateur angulaire on pourra obtenir rapidement un grand nombre de valeurs de la constante de la réfraction, et alors il sera possible de dire si elle est réellement invariable, ou si elle présente quelque inégalité périodique dans les diverses saisons de l'année. Pour montrer l'importance de cette question, il suffira de rappeler que, il y a quelques années, quand la variation des latitudes n'était pas encore bien établie, beaucoup d'astronomes la regardaient comme purement apparente et produite par des inégalités de la réfraction.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du fluor sur la végétation* ([2]). Note de M. **Armand Gautier**.

L'Académie sait que, depuis plusieurs années, je m'occupe, avec M. P. Clausmann, du dosage du fluor et de la détermination de son rôle chez les êtres vivants ([3]). J'ai montré qu'il existe chez eux sous deux formes, mais toujours accompagnant le phosphore : sous l'une de ces formes, celle destinée à être excrétée, le fluor et le phosphore sont unis presque dans les proportions de l'apatite; c'est ainsi qu'il s'accumule dans l'épiderme, les appendices de la peau, les poils, les cheveux, les ongles; dans l'émail des dents, etc. C'est dans ces tissus qu'il fut d'abord découvert parce qu'il y abonde relativement, et c'est par eux qu'il est éliminé.

L'autre forme de fluor est celle sous laquelle on le trouve dans toutes les cellules à vie éminente (glandes, muscles, tissu nerveux, etc.). Ici le fluor est, avec intermédiaire de la matière organique, uni au phosphore dans la proportion de $\frac{1}{400}$ et souvent moins encore de ce dernier élément. Mais sa présence constante dans la cellule, et spécialement dans ses parties phosphorées

([1]) Dans ce cas on abritera l'instrument par un écran convenable porté par l'axe horaire et tournant avec lui, de sorte que l'ouverture placée devant chaque objectif reste toujours bien centrée.

([2]) Communication de M. A. Gautier présentée à l'Académie à l'occasion de la Note de M. Mazé (*voir* p. 211 ci-après).

([3]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1347 et 1425; t. 157, p. 94; t. 158, p. 159.

les plus nobles, indique le rôle important qu'il joue dans le fonctionnement cellulaire des tissus à vie intense.

Cette dernière considération nous a amenés à essayer quelle peut être l'influence qu'exerce le fluor sur les êtres vivants et d'abord sur les végétaux. Depuis deux années de nombreuses cultures ont été instituées par nous, à la campagne, sur des terres entièrement artificielles, presque complètement privées de fluor en prenant comme témoins les mêmes terres fluorées et la terre végétale ordinaire. Nous avons ainsi constaté que le fluor joue dans quelques rares cas un rôle inhibitif, mais que le plus souvent il active la végétation, la floraison et la production des graines. C'est ainsi que chez certains *Sinapis* nous avons obtenu un développement beaucoup plus grand et plus rapide de la plante en milieu fluoré qu'en même support qui en était exempt; la récolte en graines a été neuf fois plus grande en présence du fluor.

Nous avons fait des observations analogues chez quelques autres espèces : Escholtzia, chanvre, chou, vipérine, etc., que le fluor favorise. Pour d'autres : blé, seigle, avoine, bleuet, centaurée, cresson alénois, etc., son influence est restée douteuse, rarement nuisible, au moins dans les conditions où nous opérions.

Nous nous occupons à cette heure des cultures fluorées en pleine terre végétale.

C'est pour prendre date qu'à l'occasion du travail de M. Mazé, et le confirmant sur un point important, j'ai cru devoir faire connaître à l'Académie ces recherches encore incomplètes quoique déjà commencées en 1913.

M. **Yves Delage** fait hommage à l'Académie du Tome XVIII (1913) de *L'Année biologique*, publiée sous sa direction.

ÉLECTIONS.

M. le **Ministre de l'Intérieur** invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter au sein de la *Commission permanente des stations hydrominérales et climatiques*, en remplacement de M. Armand Gautier, dont les pouvoirs sont expirés.

A l'unanimité, M. **Armand Gautier** est désigné pour occuper à nouveau ces fonctions.

MÉMOIRES LUS.

Sur les blessures des organes génitaux externes;
par M. Ed. Delorme.

Depuis le début de la guerre, j'ai été frappé par la fréquence relative des blessures des organes génitaux externes. Je me contenterai de rappeler les plus importantes :

Parmi les blessures des bourses, ce sont les perforations avec lésions testiculaires. Elles aboutissent souvent à l'atrophie. Les hernies testiculaires, fréquentes, se terminent communément par sphacèle, si l'on n'assure pas rapidement la réduction du testicule.

A côté des pertes de substance localisées de l'urèthre, donnant lieu à des nodus cicatriciels se réclamant, suivant les cas, de la dilatation, de l'uréthrotomie ou de l'uréthrectomie, mention spéciale doit être faite des abrasions très étendues qui résultent de coups de feu antéro-postérieurs tangentiels à la surface du périnée. J'ai vu un blessé chez lequel cette perte de substance avait une longueur de 8^{cm}. De semblables dégâts sont passibles de l'autoplastie.

Parmi les blessures de la verge, les perforations de part en part des corps caverneux sont assez souvent observées. Les nodus cicatriciels qui en sont la suite entraînent fréquemment des déviations que leur ablation ne fait pas toujours disparaître. Il y a donc grand intérêt à réduire la suppuration de ces blessures.

J'ai observé un cas rare et très curieux de section transversale des deux corps caverneux par une balle. J'ai tenté chez ce blessé une opération qui mérite d'être relatée.

Chez ce soldat, M. J..., une balle animée d'une grande vitesse avait, dans un trajet transversal, abrasé les deux corps caverneux près de la base de la verge. Quand ce blessé arriva à Chambéry, dans le service de M. le médecin-major Tissot, où je le vis, des sutures de contention placées au poste de secours n'avaient pas tenu. A la perte de substance produite par la balle s'était ajouté un sphacèle considérable. Une hémorragie importante imposa bientôt la ligature de l'artère dorsale de la verge et d'artérioles provenant des corps caverneux. Le gland, sorte de battant de cloche, ne tenait à la base de la verge que par un pont de parties molles plus étendu transversalement

qu'en épaisseur et qui comprenait l'urèthre. Encore celui-ci, après élimination des tissus sphacélés, présentait-il une perte de substance de près de 2cm de long et intéressant en largeur le cinquième de son diamètre dans la partie qui répondait auparavant aux corps caverneux.

Grâce à des soins appropriés, la suppuration, très abondante au début, s'était très modifiée quand je proposai l'opération suivante, que je fis avec mon confrère M. Tissot : j'enlevai quelques parcelles de tissus encore sphacélés et en voie d'élimination ; j'avivai les surfaces bourgeonnantes par le raclage et, quand celles-ci furent assez cruentées pour que je puisse espérer obtenir, sinon une réunion complète, au moins une adhésion étendue, j'appliquai, sur l'urèthre dilaté par une sonde, des sutures à points passés non perforantes et englobant une assez bonne étendue de son épaisseur pour que les parties saisies, une fois retournées, fournissent une large surface adhésive.

Cela fait, une couronne de sutures à la soie, à points passés, réunit solidement la base du gland à la périphérie des corps caverneux dont l'enveloppe fibreuse était bien visible. Le gland et les corps caverneux saignèrent peu, pendant ces sutures.

Je terminai mon opération en reconstituant un prépuce avec ce qui restait de muqueuse près du frein et en l'unissant à la peau de la base de la verge.

Une sonde fut maintenue dans le canal. J'ai appris que la réunion s'était faite sans encombre; qu'à la longueur près de l'organe, le résultat avait été satisfaisant. Une fistulette uréthrale a dû céder à des cautérisations.

Je ne croyais plus avoir à rencontrer cette variété de traumatisme. Je la revis presque identique sur un blessé de l'Hôpital maritime de Brest. C'est ce qui augmente l'intérêt de mon intervention puisqu'elle est susceptible d'être renouvelée.

Sur le blessé de M. le professeur Goéré, médecin-principal de la marine, les deux corps caverneux avaient été encore abrasés transversalement, mais vers le milieu de leur hauteur par une balle. Le gland, ballant, ne tenait à la base de la verge que par un pont de tissus inférieur comprenant le canal de l'urèthre, cette fois intact. Je conseillai à mon confrère, qui me demandait avis, d'utiliser le mode d'intervention qui m'avait réussi, après avoir activé le travail d'élimination des escarres. C'est ce qu'il se proposa de faire.

Sur mon opéré, l'artère dorsale avait donné lieu à une hémorragie sérieuse. A Lyon, j'ai appris de M. Gangolphe, chirurgien des hôpitaux de cette ville, qu'il avait dû lier cette artère pour une hémorragie grave. M. le professeur Tixier, chirurgien de la Charité de la même ville, a, de son côté, pratiqué une ligature pour arrêter une hémorragie persistante des veines satellites. La plaie dorsale formait clapier, le sang avait infiltré la verge qui était énorme et les bourses, noires, avaient, me disait mon confrère, au moment où il intervint, des dimensions effrayantes.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Deuxième expédition antarctique française (1908-1910), commandée par le Dr Jean Charcot : *Alcyonaires*, par Ch. Gravier. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

M. **L. Bruntz** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1914. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 71 jours d'observations dans ce trimestre, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Une forte production du phénomène des taches s'est manifestée dans ce trimestre : en effet, avec un nombre double de groupes enregistrés (14 au lieu de 7), l'aire tachée est environ 10 fois plus forte (1083 millionièmes au lieu de 99).

D'ailleurs, il n'y a eu aucun *jour sans tache* pendant le mois d'avril, fait qui ne s'était pas produit depuis le mois de mai 1910, et la proportion trimestrielle du nombre de ces jours est passée de 0,73 à 0,34.

La répartition des groupes de taches est égale de part et d'autre de l'équateur, avec le nombre de 7 : d'où il résulte une augmentation de 5 au Sud (7 au lieu de 2) et de 2 au Nord (7 au lieu de 5).

Enfin, leur latitude moyenne a augmenté au Sud, étant de — 23° au lieu de — 18°, et elle est restée stationnaire au Nord, à + 26°.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules a presque triplé et leur surface quadruplé : on a, effectivement, 62 groupes au lieu de 24 et 41,5 millièmes au lieu de 10,2.

Dans leur répartition par hémisphère, on note une augmentation plus forte au nord de l'équateur qu'au sud : elle est de 24, avec 32 groupes au lieu de 8, d'une part et de 14, avec 30 groupes au lieu de 16, d'autre part.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
			Avril 1914. — 0,00.		
30-11	9	5,3		+29	274
12-22	8	16,2	—26		17
16-24	9	20,0	—23		21
24	1	25,2	—12		3
24- 2	7	27,7		+19	356
	25 j.		—20°,3	+24°,0	
			Mai. — 0,50.		
27- 5	2	3,5		+30	5
28- 4	5	4,0		+26	52
6	1	10,9	—36		3
21-22	2	21,0		+26	16
			Mai (suite).		
22	1	25,0		+20	3
29-31	3	31,1	—23		3
	20 j.		—29°,5	+25°,5	
			Juin. — 0,54.		
8-15	5	12,7		+28	30
11-22	10	16,3	—22		294
15-17	3	18,3	—16		6
	26 j.		—19°,0	+28°	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1914.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril	»	»	2	1	»	3	2	»	1	1	»	»	5	671
Mai	»	1	1	»	»	2	4	»	1	3	»	»	6	82
Juin	»	»	1	1	»	2	1	»	»	1	»	»	3	330
Totaux....	»	1	4	2	»	7	7	»	2	5	»	»	14	1083

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1914.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril	1	»	4	2	3	10	10	1	2	4	»	3	20	13,4
Mai	4	1	5	»	1	11	8	»	»	5	1	2	19	14,5
Juin	»	1	4	4	»	9	14	»	4	6	3	1	23	13,6
Totaux....	5	2	13	6	4	30	32	1	6	15	4	6	62	41,5

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe d'invariants intégraux.* Note de M. E. **Goursat**, présentée par M. Appell.

Poincaré [1] et, après lui, M. Hadamard [2] ont signalé certains invariants intégraux qui se conservent après un changement arbitraire de la variable indépendante t, pourvu que les caractéristiques restent les mêmes. Il existe une infinité d'invariants intégraux de tous les ordres qui jouissent de cette propriété; ce sont les invariants que j'ai désignés par la notation I_p^e dans un travail antérieur (*Journal de Mathématiques*, 6e série, t. IV, 1908, p. 331-365), et qui sont définis comme il suit :

Soit

$$\frac{dx_1}{X_1} = \frac{dx_2}{X_2} = \ldots = \frac{dx_n}{X_n} = dt \tag{1}$$

un système d'équations différentielles, où les fonctions X_i sont uniformes et continues ainsi que leurs dérivées et ne dépendent pas de t. Je représente un invariant intégral par la notation

$$I_p = \int\int\cdots\int A_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_p}\, dx_{\alpha_1} dx_{\alpha_2}\ldots dx_{\alpha_p}, \tag{2}$$

α_1, α_2, α_p étant p nombres entiers différents, pris parmi les n premiers nombres, et la sommation étant étendue à tous les arrangements p à p des n premiers nombres. Deux coefficients $A_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_p}$ et $A_{\alpha'_1\alpha'_2\ldots\alpha'_p}$, qui ne diffèrent que par l'ordre des indices, sont égaux ou ne diffèrent que par le signe, suivant que les deux permutations $(\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_p)$, $(\alpha'_1\alpha'_2\ldots\alpha'_p)$ sont de même classe ou non.

De l'invariant I_p on peut déduire, en général, un autre invariant d'ordre $p-1$

$$I_{p-1} = \int\int\cdots\int \sum C_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{p-1}}\, dx_{\alpha_1}\ldots dx_{\alpha_{p-1}}, \tag{3}$$

ou l'on a posé

$$C_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{p-1}} = \sum_{i=1}^{n} A_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{p-1}i} X_i; \tag{4}$$

---

[1] *Acta mathematica*, t. XIII, p. 66 et suiv.

[2] *Journal de Mathématiques*, 5e série, t. III, p. 380.

Voir aussi un article de M. Dontot dans le *Bulletin de la Société mathématique*, t. XLII, 1914, p. 53-91.

j'appelle (E) l'opération qui conduit de I_p à I_{p-1}. Il peut arriver que l'invariant I_{p-1} déduit de I_p de cette façon soit identiquement nul; je désigne par I_p^e un invariant de cette espèce, c'est-à dire tel qu'on ait, pour toutes les combinaisons d'indice,

$$(5) \qquad \sum_{i=1}^{n} A_{\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_{p-1} i} X_i = 0.$$

On vérifie immédiatement que tout invariant d'ordre $p-1$ déduit d'un invariant I_p par l'opération (E) est I_{p-1}^e. Inversement, tout invariant I_p^e peut se déduire d'un invariant I_{p+1} par l'opération (E), et en général d'une infinité de manières, sauf si l'on a $p = n - 1$; tout invariant I_{n-1}^e se déduit d'un multiplicateur déterminé par l'opération (E). Il est clair, d'autre part, qu'il n'existe pas d'invariant I_n^e, différent de zéro.

Les invariants I_p^e sont caractérisés par la propriété suivante qui pourrait servir à les définir. *La valeur de l'invariant intégral* I_p^e *étendu à toute multiplicité* (M_p) *engendrée par des courbes caractéristiques du système* (1), *associées suivan tune loi arbitraire, est toujours nulle*, et ce sont les seuls invariants intégraux qui possèdent cette propriété.

Cela étant, soit M_p une multiplicité quelconque à p dimensions dans l'espace à n dimensions, non composée de caractéristiques, et limitée par une multiplicité M_{p-1}. De chaque point m de M_p part une courbe caractéristique C_m. Sur cette courbe caractéristique prenons un point m' suivant une loi arbitraire, de façon à respecter la continuité. Lorsque le point m décrit M_p, le segment mm' de caractéristique engendre une multiplicité M_{p+1}, dont la frontière se compose de M_p, de la multiplicité M'_p décrite par le point m' et de la multiplicité M''_p engendrée par des segments de caractéristiques issues des points de la multiplicité M_{p-1} qui limite M_p. Soit I_p^e un invariant intégral de l'espèce considérée. La valeur de cet invariant intégral étendu à la frontière de M_{p+1} est égale, d'après une propriété générale, à la valeur d'un autre invariant intégral I_{p+1}, dont les coefficients se déduisent des coefficients de I_p^e par des différenciations, étendu à la multiplicité M_{p+1}. Dans le travail déjà cité, j'ai démontré que cet invariant I_{p+1}, qu'on déduit ainsi de I_p^e, est lui-même un invariant I_{p+1}^e.

Comme la multiplicité M_{p+1} est engendrée par des caractéristiques, la valeur de I_{p+1}^e, étendue à M_{p+1}, est nulle. D'autre part, la valeur de I_p^e, étendue à M''_{p+1}, est nulle pour la même raison. Il s'ensuit que l'intégrale I_p^e prise suivant M_p est égale à la même intégrale prise suivant M'_p. La réciproque se démontre aisément de la même façon.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la théorie des liaisons finies unilatérales.* Note de M. **Ét. Delassus**, présentée par M. Émile Picard.

La théorie des liaisons unilatérales que j'ai esquissée dans mes *Leçons sur la dynamique des systèmes matériels* peut être notablement perfectionnée par les considérations suivantes :

1. Considérons une liaison caractérisée par le travail virtuel

$$\mathfrak{E} = \Sigma\mu\varphi(\delta q)$$

des forces de liaison correspondantes. Si l'on supprime cette liaison, les q'' subissent des variations brusques p fournies par des équations que j'ai données et que j'appelle *équations de discontinuité*. Les fonctions $\varphi(p)$ deviennent alors des fonctions linéaires et homogènes des μ et l'on démontre les propriétés suivantes :

Les expressions $\varphi(p)$ sont les dérivées partielles, changées de signe, d'une fonction W $(\mu_1, \mu_2, \ldots)$.

Cette fonction W *est la portion* T_2 *de la demi-force vive dans laquelle on a remplacé les q' par les p exprimés au moyen des* μ. *C'est une forme quadratique homogène définie et positive.*

2. Partant d'un angle convexe issu de l'origine (angle plan dans le cas de deux dimensions, angle solide dans le cas de trois dimensions, etc.) et combinant la transformation qui fait passer à l'angle supplémentaire avec la transformation ponctuelle

$$X = -\frac{\partial W}{\partial x}, \qquad Y = -\frac{\partial W}{\partial y}, \qquad \ldots,$$

on obtient une transformation angulaire (W) faisant correspondre à l'angle initial toute une série de régions angulaires R bien déterminées.

Ces régions, qui vont jouer un rôle capital dans la théorie des liaisons unilatérales, possèdent la propriété suivante qui est tout à fait fondamentale :

Les régions R *remplissent tout l'espace sans jamais se superposer.*

3. Pour une liaison unilatérale simple, on a à choisir entre le mouvement sur la liaison et un mouvement réduit. Si ce mouvement réduit a lieu du

côté négatif de la liaison, il est *impossible*, et c'est le mouvement non réduit qui se produit; s'il est du côté positif, il est *possible* et (fait expérimental) c'est lui qui se produit. Il y a donc *zéro ou un mouvement réduit possible* et l'on a la notion précise du cas d'irréductibilité de la liaison simple.

4. Pour une liaison unilatérale double, on a à choisir entre le mouvement non réduit et plusieurs mouvements réduits Si un mouvement réduit a lieu du côté négatif de la liaison totale, il est impossible; il est encore impossible s'il n'est pas irréductible, et nous savons voir s'il en est ainsi puisque le mouvement réduit a lieu sur une liaison unilatérale simple ou nulle. En introduisant le point μ de coordonnées μ_1, μ_2, on trouve que les régions de possibilité des divers mouvements réduits sont précisément les régions R (sauf une) définies par la transformation (W), de sorte que, par suite de la propriété fondamentale de ces régions, *il y a zéro ou un mouvement réduit possible;* dans le premier cas, c'est forcément le mouvement non réduit qui se produit et dans le second cas (fait expérimental) c'est le mouvement réduit qui se produit. Il n'y a donc *jamais impossibilité ni indétermination;* les régions R donnent la définition précise des divers cas de réduction et, en particulier, celle de l'irréductibilité d'une liaison unilatérale double.

5. Pour une liaison unilatérale triple, les mouvements réduits ont lieu sur des liaisons unilatérales doubles, simples ou nulles dont on connaît les conditions d'irréductibilité. En étudiant les régions de possibilité des mouvements réduits, on retrouvera encore les régions R et les mêmes conséquences.

La loi *zéro ou un* pour les mouvements réduits possibles se vérifiera indéfiniment de proche en proche. Dans le cas *zéro*, le mouvement non réduit se produira forcément; dans le cas *un*, on érigera en principe général que c'est le mouvement réduit qui se produit effectivement. La transformation (W) et les régions R donneront toujours la définition précise des divers cas de réduction, montreront qu'*il ne peut jamais y avoir impossibilité ou indétermination* et fourniront la définition générale de l'irréductibilité.

Pour qu'une liaison unilatérale soit irréductible, il faut et il suffit que le travail des forces de liaison soit positif pour tout déplacement virtuel du côté libre de la liaison qui, en définitive, est celle obtenue par M. Appell pour l'équilibre en raisonnant sur le signe des réactions partielles des divers contacts constituant la liaison unilatérale.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie de l'absorption de la lumière dans les métaux et dans les isolants.* Note de M. **Léon Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Sous ce titre, M. George Jaffé vient de publier un Mémoire (¹) qui contient des références bibliographiques nombreuses, mais incomplètes.

Dans la première Partie (métaux), l'auteur reprend la théorie de Drude en envisageant la conductibilité comme fonction de la période suivant un mode de calcul emprunté à Lorentz.

J'ai déjà fait connaître (²) les résultats d'un calcul semblable, où l'expression de la conductibilité en fonction de la période était déduite de la théorie simplifiée de J.-J. Thomson. J'ai indiqué les valeurs numériques auxquelles on arrive pour le libre parcours et le nombre des électrons dans les métaux.

Dans la deuxième Partie (corps isolants), M. Jaffé développe un mode de calcul et des résultats identiques à ceux que j'ai fait connaître dans différentes publications sur la théorie cinétique de l'absorption dans les gaz (³).

J'ai donné à cette occasion des formules générales qu'il m'a été possible de compléter depuis, dans le cas où l'amortissement fictif dû aux chocs se complique d'un amortissement propre intramoléculaire. Les formules ne subissent pas de modification essentielle si l'amortissement propre est dû au rayonnement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de quelques éthers-sels.* Note de M. **F. Bodroux**, présentée par M. A. Haller.

En distillant lentement un mélange d'acide formique, d'alcool éthylique et d'eau, on obtient du formiate d'éthyle. Le rendement en éther-sel varie avec les conditions de l'expérience; les proportions d'acide et d'alcool étant constantes, il dépend de la quantité d'eau employée.

(¹) *Annalen der Physik*, t. XLV, nº 24, 1914, p. 1217.

(²) V.-L. Bloch, *Libre parcours et nombre des électrons dans les métaux* (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 754, et *Le Radium*, 1907, p. 441).

(³) V.-L. Bloch, *Sur la théorie cinétique de l'absorption dans les gaz* (*Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1284, et *Le Radium*, 1909, p. 172).

Exemples. — Des mélanges de 35^{cm^3} d'alcool à 95° et de 20^{cm^3} d'acide formique ayant été additionnés des volumes d'eau suivants :

50^{cm^3}, 100^{cm^3}, 150^{cm^3}, 300^{cm^3},

les poids d'acide éthérifié ont été de

Pour 100.........	83,4	74,5	58,9	38,1

Ces résultats m'ont fait penser que l'acide formique pouvait peut-être, comme les acides minéraux, favoriser en solution aqueuse l'éthérification de l'acide acétique. Les expériences ci-dessous montrent que son action, comme catalyseur, est faible et inférieure à celle des acides oxalique et picrique.

25^{cm^3} d'acide acétique et 35^{cm^3} d'alcool éthylique ont été distillés lentement après avoir été dissous dans :

1re expérience....	50^{cm^3} d'eau distillée		
2e »	50 »	contenant 5g pour 100	d'acide formique
3e »	50 »	»	d'acide oxalique
4e »	50 »	»	d'acide picrique

Les proportions d'acide éthérifié ont été de :

	I.	II.	III.	IV.
Pour 100..................	7,2	18,7	23,1	36,5

La facilité avec laquelle se forme l'éther formique m'a amené à chercher s'il ne serait pas possible de préparer, par simple distillation, du mélange d'un alcool avec une solution aqueuse d'acide bromhydrique les éthers-sels volatils de cet acide.

Quand la solution d'acide bromhydrique est trop étendue, la quantité d'éther-sel qui prend naissance est insignifiante. Il s'en forme davantage quand on emploie l'hydrate bouillant à 126°, $HBr + 5H^2O$.

Avec 150g d'hydrate pour une demi-molécule-gramme d'alcool, j'ai obtenu :

	Rendement pour 100 en éther bromhydrique.
Alcool éthylique....................................	24,5
Alcool propylique....................................	65
Alcool isobutylique....................................	19
Alcool allylique....................................	37,5

Le rendement, sauf dans le cas de l'alcool allylique, est grandement

amélioré quand on utilise, à la place de l'hydrate $HBr.5H^2O$, le mélange de cet hydrate et d'acide sulfurique qu'on obtient rapidement en faisant arriver, dans un mélange de brome et d'eau en proportions convenables, de l'anhydride sulfureux jusqu'à décoloration.

Dans ces conditions les alcools méthylique, éthylique et propylique sont transformés en éthers bromhydriques correspondants avec un rendement qui varie de 75 à 90 pour 100.

Voici à titre d'exemple la marche et le résultat d'une opération effectuée avec l'alcool propylique :

Dans un grand flacon, refroidi extérieurement par un courant d'eau, on place 180g de brome, 250g d'eau et l'on fait arriver dans le mélange un rapide courant de SO^2. Après 15 minutes, la totalité du brome est transformée en hydracide. On verse alors le liquide du flacon dans un ballon contenant 60g d'alcool propylique et quelques grains de pierre ponce. Le ballon étant surmonté d'une colonne Lebel, avec thermomètre, à laquelle est adaptée un réfrigérant descendant, on le chauffe doucement. Bientôt une vive réaction se déclare et se continue d'elle-même quand on a retiré le feu; il distille du bromure de propyle et il se dégage un peu de HBr. Quand l'ébullition du mélange se ralentit, on chauffe doucement de manière que le liquide distillé tombe goutte à goutte dans la fiole qui le reçoit. Celui-ci passe d'abord vers 70°, puis la température de la vapeur s'élève lentement. Lorsque cette température atteint 100° (ce qui demande 2 heures 30 minutes environ), l'opération est terminée. Le liquide recueilli après lavage avec de l'eau légèrement alcaline, puis avec de l'eau pure est ensuite décanté, séché, rectifié. On obtient ainsi 99g de bromure de propyle pur, ce qui représente un rendement de 80,3 pour 100.

La première eau de lavage contient la petite quantité d'alcool propylique, entraîné avec l'éther-sel. L'excès de brome mis en œuvre n'est pas perdu : en distillant le contenu du ballon on en recueille la majeure partie sous la forme de l'hydrate $HBr + 5H^2O$, bouillant à 126°. Cet hydrate, étendu d'eau, peut être utilisé pour une nouvelle opération.

Dans les mêmes conditions, l'éthérification de l'alcool isobutylique fournit, avec un rendement de 70 pour 100, un mélange des bromures d'isobutyle primaire et tertiaire; en même temps, il y a production d'une faible quantité de triméthylcarbinol.

Les acides sulfurique et bromhydrique ont été employés dans la proportion d'une molécule du premier pour deux molécules du second dans les essais rapportés ci-dessus. M. Niemilowicz (*Mon. für Chemie*, t. X, p. 813) avait précédemment étudié l'action sur quelques alcools d'un mélange d'acide bromhydrique aqueux et d'un très grand excès d'acide sulfurique concentré, mélange qui fonctionnait comme producteur de brome naissant. Les résultats obtenus par ce savant sont analogues aux miens pour les

alcools méthylique et éthylique; ils sont différents pour les alcools propylique et isobutylique, qui lui ont surtout fourni des dérivés polybromés du propane et du méthylpropane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un procédé de diagnose des monoéthers glycérophosphoriques et sur la constitution du glycérophosphate de sodium cristallisé.* Note de MM. **L. Grimbert** et **O. Bailly**, présentée par M. Ch. Moureu.

Si l'on est d'accord pour assumer au glycérophosphate de sodium cristallisé la formule générale

$$O = P \begin{cases} ONa \\ ONa \\ O.C^3H^5(OH)^2 \end{cases} + 5H^2O,$$

dans laquelle c'est la fonction acide la plus faible de l'acide phosphorique qui est éthérifiée, la question reste ouverte de savoir si c'est la fonction alcool primaire ou alcool secondaire de la glycérine qui participe à cette éthérification, c'est-à-dire si l'on a affaire à l'éther α :

$$O = P \begin{cases} ONa \\ ONa \\ O.CH^2 - CH.OH - CH^2OH \end{cases} + 5H^2O$$

ou à l'éther β :

$$O = P \begin{cases} ONa \\ ONa \\ O.CH \begin{cases} CH^2OH \\ CH^2OH \end{cases} \end{cases} + 5H^2O.$$

P. Carré ([1]) et Paolini ([2]), bien qu'employant la même technique, sont arrivés à des conclusions opposées.

Elle consistait à comparer les constantes physiques du glycérophosphate de brucine obtenu en partant du glycérophosphate de sodium cristallisé avec celles d'un glycérophosphate de brucine préparé synthétiquement et qui devait, par son mode d'obtention, posséder l'une ou l'autre des constitutions prévues par la théorie.

Pour P. Carré, le glycérophosphate de sodium cristallisé correspondrait à l'éther α et, pour Paolini, à l'éther β. D'ailleurs, ni P. Carré, ni Paolini, ni, plus récemment, H. Rogier ([3]) n'ont pu se mettre d'accord sur le point de fusion et sur la teneur en eau de leur sel de brucine :

([1]) P. Carré, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 220.

([2]) Paolini, *Gaz. chim. italiana*, t. I, 1912, p. 57.

([3]) H. Rogier, *Thèse de doctorat en Pharmacie de l'Université de Paris.* Gauthier-Villars, 1912.

	Glycérophosphate de brucine.	
	Point de fusion.	Molécules d'eau de cristallisation.
Paolini	159°	11,5
P. Carré	181	9
H. Rogier	192	11

Une argumentation basée sur de tels caractères est évidemment insuffisante pour permettre de statuer sur la formule de constitution du glycérophosphate de sodium en particulier et des éthers mono-glycérophosphoriques en général. La méthode que nous allons exposer, tout en étant beaucoup plus simple, nous a conduits à la solution du problème.

Nous sommes partis de glycérophosphate de sodium cristallisé préparé suivant le procédé Poulenc ([1]). Nous avons ainsi obtenu, d'une part, des cristaux que nous avons soigneusement purifiés par cristallisations successives et, d'autre part, une liqueur incristallisable et dans laquelle l'analyse révèle cependant la présence de près de 50 pour 100 de glycérophosphate de sodium anhydre. Afin de priver ces sels de toute trace de glycérine susceptible d'intervenir comme cause d'erreur dans la suite de nos expériences, nous les avons transformés en sels de calcium, que nous avons lavés à fond avec de l'alcool à 45°. Nous appellerons A le sel cristallisable et B le sel incristallisable.

Dans le but de rechercher auquel des deux éthers α et β prévus par la théorie appartenait chacun de ces sels, nous avons commencé par les soumettre à l'action ménagée d'un certain nombre d'oxydants. L'éther α-monoglycérophosphorique, *en l'absence de toute hydrolyse*, étant seul susceptible de fournir, dans ces conditions, un corps de formule générale $R-CO-CH^2OH$ qu'on peut caractériser par les réactions de Denigès ([2]), il y avait lieu d'espérer le distinguer ainsi de son isomère β.

L'oxydant qui nous a donné les meilleurs résultats est l'eau de brome à 2,5 pour 1000 en volumes, employé à froid pour éviter l'hydrolyse du groupe fonctionnel éther-sel par HBr naissant.

Dans deux tubes à essai on verse 10^{cm^3} d'eau bromée; dans l'un on ajoute $0^g,25$ de sel A et dans l'autre $0^g,25$ de sel B. On abandonne le tout à la température du laboratoire pendant 24 heures, en agitant de temps en temps, et l'on soumet leur contenu aux réactions suivantes:

([1]) Poulenc, Brevet n° **373112**, mars 1906.

([2]) Denigès, *Comptes rendus*, t. **148**, 1909, p. 172, 282.

a. On prélève $0^{cm^3},4$ de liqueur, qu'on additionne de $0^{cm^3},1$ de solution alcoolique de résorcine à 5 pour 100 et de 2^{cm^3} d'acide sulfurique pur. On obtient immédiatement une très belle coloration rouge sang foncée avec le liquide provenant du sel B, tandis que celui qui provient du sel A reste incolore.

b. On prélève également $0^{cm^3},4$ de liqueur, qu'on additionne de $0^{cm^3},1$ de solution aqueuse de KBr à 4 pour 100 et de $0^{cm^3},1$ de solution alcoolique d'acide salicylique à 5 pour 100; on ajoute ensuite 2^{cm^3} d'acide sulfurique pur, et l'on porte le tout au bain-marie bouillant pendant 2 minutes, au bout desquelles on observe une très belle coloration rouge violacée d'une grande intensité avec le tube B et rien avec le tube A.

Ajoutons, de plus, que seule la liqueur B réduit à froid les réactifs de Nessler et de Fehling, et qu'elle donne, avec la phénylhydrazine, une osazone, dont nous poursuivons l'étude.

Ces faits ne peuvent s'expliquer qu'en admettant que le glycérophosphate B est le sel de l'acide α-glycérophosphorique, ou contient une notable proportion de cet éther, que l'action du brome transforme en monodioxyacétonephosphate susceptible, par sa constitution, de donner les réactions ci-dessus obtenues :

$$O = P\begin{cases} ONa \\ ONa \\ O.CH^2 - CH.OH - CH^2OH \end{cases} + Br^2$$

$$= 2HBr + O = P\begin{cases} ONa \\ ONa \\ O.CH^2 - CO - CH^2OH \end{cases}.$$

Le glycérophosphate de sodium cristallisé obtenu par le procédé Poulenc devient alors le sel de l'acide β-monoglycérophosphorique, dont la fonction alcool secondaire bloquée par éthérification n'est pas susceptible d'être transformée en fonction cétonique par oxydation.

Nous nous sommes mis à l'abri de toute cause d'erreur en nous assurant : 1° que l'oxydation par l'eau bromée à froid et dans les conditions ci-dessus n'est accompagnée d'aucune hydrolyse de la fonction éther-sel par HBr naissant; 2° que notre sel B est exempt de toute trace de diéther pouvant engendrer, même à froid, au contact de l'eau, une certaine quantité de glycérine, ainsi que l'a montré P. Carré. Une analyse de ce sel nous a, en effet, fourni les résultats suivants :

	Trouvé.	Calculé pour un monoéther.	Calculé pour un diéther.
Rapport $\frac{Ca}{P}$	1,305 1,300	1,290	0,645

En résumé, par l'emploi d'une nouvelle méthode de diagnose des éthers monoglycérophosphoriques $PO^4H^2.C^3H^5(OH)^2$, nous croyons avoir démontré l'identité du glycérophosphate de sodium cristallisé préparé d'après le procédé Poulenc avec le sel de sodium de l'éther β-monoglycérophosphorique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la bactériologie de la gangrène gazeuse.* Note (¹) de MM. **A. Sartory** et **L. Spillmann**, présentée par M. Guignard.

Au mois d'octobre dernier, M. Weinberg a consigné à la Société de Biologie (31 octobre 1914) un résumé de ses recherches bactériologiques sur la gangrène gazeuse.

Il avait été chargé d'étudier les cas de gangrène gazeuse chez les blessés anglais; ses recherches ont porté sur 24 cas. Sur ce nombre, 16 étaient des cas typiques de gangrène gazeuse et 8 seraient plutôt considérés par les chirurgiens comme phlegmons gazeux, étant donné le peu d'importance du symptôme gangrène chez ces malades.

Dans aucun de ces cas, M. Weinberg n'a pu isoler le *vibrion septique* de Pasteur.

Dans tous les cas de gangrène gazeuse ou de phlegmon gazeux au début ou en pleine évolution, il a mis en évidence la présence d'un gros bacille prenant le Gram et qui, par ses caractères morphologiques et biologiques, doit être considéré comme le *Bacillus Welchii* (*Bacillus perfringens*).

Pendant les mois d'août, septembre, octobre, novembre et décembre 1914, nous avons été chargés d'étudier à l'hôpital militaire de Nancy (Service de M. le professeur Weiss, médecin principal de 2e classe), des cas de gangrène gazeuse chez des blessés français et allemands.

Nos recherches ont porté sur 28 cas. Sur ce chiffre, 18 étaient des cas types de gangrène gazeuse, et 10 des cas douteux.

Voici le résumé de nos recherches :

1° Comme M. Weinberg, nous n'avons jamais trouvé le vibrion septique de Pasteur.

2° Dans tous les cas de gangrène gazeuse, nous avons isolé un bacille strictement anaérobie, poussant de préférence sur les milieux glucosés à la température de $+37°$. Ce microbe attaque énergiquement les sucres et les matières protéiques. Les cultures dégagent une forte quantité de gaz à odeur butyrique. Il ne produit pas d'indol, mais réduit les nitrates en nitrites. La gélatine est irrégulièrement liquéfiée. Les colonies isolées sont

(¹) Séance du 1er février 1915.

rondes, légèrement granuleuses, à contours réguliers; des bulles de gaz fragmentent le milieu, puis la liquéfaction se produit; sur gélose, nous obtenions de petites taches lenticulaires à contours réguliers et à bords nets. Il se produit rapidement de nombreuses bulles gazeuses. Le lait est coagulé en 24 heures, avec production d'une odeur butyrique; le blanc d'œuf est attaqué très lentement et un pigment noir se produit au fond du tube.

Cette bactérie présente donc tous les caractères du *B. perfringens* Veillon et Zuber (¹).

Nous avons procédé à son inoculation sous la peau d'un cobaye. Dans ce cas, l'animal succombait 48 heures après, avec des lésions de l'œdème malin au point d'inoculation; la peau était décollée par des abcès gazeux et les organes bourrés de microbes. Nous avons pu reproduire également chez le lapin un volumineux abcès gazeux, qui guérissait complètement 12 jours après l'inoculation. A côté de ce microorganisme nous avons isolé presque chaque fois des staphylocoques et des streptocoques.

Dans quatre cas, nous avons isolé un diplocoque lancéolé (peut-être le même que M. Weinberg a isolé en octobre dernier). Ce microbe est à l'étude; nous en donnerons une description dès que nous pourrons poursuivre nos recherches bactériologiques sur cet important sujet.

Mais nous tenions à faire remarquer pour l'instant, avec MM. Weinberg, Doyen et Yamanouchi, la constance du *Bacillus perfringens* dans les pus gangréneux. Sans doute on ne peut prétendre que tous les cas de gangrène gazeuse chez les blessés sont dus au même microbe pathogène; cependant, les résultats déjà obtenus montrent le rôle important du *Bacillus perfringens* dans l'étiologie de la gangrène gazeuse observée dans la guerre actuelle.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Détermination des éléments minéraux rares nécessaires au développement du maïs.* Note de **P. Mazé**, présentée par M. Roux.

Le maïs pousse normalement, fructifie et mûrit ses graines, lorsqu'on le cultive dans une solution minérale aseptique, préparée avec de l'eau de

(¹) Sous le nom de *Bacillus perfringens* on doit comprendre : 1° le bacille décrit en 1891 par Achalme dans le rhumatisme articulaire aigu; 2° le *Bacillus aerogenes capsulatus* Welch; 3° le *Bacillus phlegmonis emphysematosæ* Fränkel.

source additionnée des onze éléments suivants : Az, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Si, Ce, empruntés à des produits chimiques purs du commerce.

Si, dans ce milieu, on remplace l'eau de source par l'eau distillée, la plante pousse assez bien pendant quelques semaines et s'arrête brusquement. Elle ne trouve donc pas dans ce nouveau milieu tous les corps nécessaires à son développement (¹).

Je me suis proposé de déterminer ceux qui manquent. J'exposerai dans cette Note quelques-uns des résultats que j'ai obtenus au cours du printemps et de l'été de 1914.

Pour aborder le problème posé il était indispensable de se munir préalablement d'une assez grande quantité de produits chimiquement purs, y compris l'eau distillée. La maison Poulenc et Cie a bien voulu me faciliter ma tâche en chargeant de leur préparation un de ses plus habiles spécialistes. Ce dernier s'est bien acquitté de sa besogne comme on va le voir.

Un lot de quatre plantes cultivées dans la solution minérale composée des onze éléments cités ne s'est pas développé. Cela prouve que les produits employés sont d'une pureté satisfaisante, ou qu'ils renferment au contraire une ou plusieurs impuretés très toxiques pour la plante.

Cette dernière hypothèse ne s'est pas vérifiée puisque j'ai réussi à faire pousser le maïs jusqu'à la fécondation des fleurs dans la même solution complétée par l'addition de quelques autres éléments.

C'est donc la première hypothèse qui se trouve justifiée.

Il y a maintenant deux moyens de découvrir les éléments inconnus qui manquent à la solution. L'un consiste à l'additionner d'un nombre croissant de corps de façon à réaliser un milieu favorable au développement du maïs.

L'autre revient à constituer une solution type en ajoutant aux éléments connus tous ceux qui ont été considérés jusqu'ici comme utiles aux végétaux supérieurs, et à établir leur rôle en les supprimant individuellement.

J'ai appliqué simultanément les deux procédés.

Mes essais ont porté sur Al, B, Fl, I, As. Je les ai employés sous les états suivants :

			Concentration pour 1000.
Al	à l'état de	$(SO^4)^3Al^2$, 18 aq	0,01
B	»	$B^4O^7Na^2$, 10 aq	0,004
Fl	»	NaFl	0,002
I	»	KI	0,004
As	»	AsO^4HNa^2, 12 aq	0,002

(¹) P. Mazé, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXVIII, janvier 1914.

La solution primitive que j'appellerai SP, et qui constitue la base de tous les milieux que j'ai préparés, renfermait les onze éléments connus (Na non compris), dans les proportions suivantes :

	Pour 1000.		Pour 1000.
NO^3Na	0,5	SiO^3K^2	0,02
PO^4HK^2	0,5	$ZnCl^2$	0,02
$SO^4Mg + 7aq$	0,1	$MnCl^2, 4aq$	0,02
$SO^4Fe + 7aq$	0,05	CO^3Ca	1,5

J'ai réuni dans le Tableau I les résultats fournis par une série de plantes qui ont végété dans des solutions faites suivant le premier procédé; le Tableau II renferme les résultats relatifs à une autre série de maïs cultivés dans des milieux préparés d'après le second procédé.

Quand la végétation était bien partie, on ne conservait, le plus souvent, qu'une plante par lot, c'est-à-dire par solution, afin de pouvoir multiplier les essais avec un matériel limité et un emplacement restreint.

La deuxième série (Tableau II) comprenait des lots de cinq plantes dont deux en flacons de 4^l à 5^l et trois en flacons de 2^l; on a conservé un exemplaire ou deux de chaque lot. Des plantes cultivées en solution ordinaire servaient de témoins.

Tableau I.

Durée de l'expérience : 91 *jours*.

Nature des solutions.	Poids sec des plantes en grammes.
SP + B + As	9,98
SP + B + Al	23,85
SP + B + Al + As	16,48
SP + B + Al + As + I	36,62
Témoins	43,10

Tableau II.

Nature des solutions.	Durée : 43 jours. Flacons de 2^l. Poids sec en gr.	Durée : 75 jours. Flacons de 4^l. Poids sec en gr.
SP + 5 éléments	7,205	27,390
La même — B	3,290	» (1)
» — As	8,826	31,955
» — As	»	39,170
» — Al	4,748	18,990
» — Al	»	18,168
» — Fl	5,320	17,347
» — Fl	5,977	»
» — I	5,575	27,664
Témoin	»	34,146
»	»	37,185

(1) Les plantes privées de bore n'ont pas poussé dans les flacons de 4^l à 5^l.

Ces résultats prouvent que le bore, l'aluminium, le fluor et l'iode sont nécessaires au développement du maïs; l'arsenic lui est nuisible. Dans le Tableau I, où le fluor manque dans toutes les solutions, l'écart entre le témoin et les autres plantes est sensible.

Dans le Tableau II, les plantes privées d'arsenic atteignent le même poids que les témoins. Il est donc vraisemblable que la liste des éléments minéraux nécessaires au développement du maïs ne s'allongera plus; mais rien ne permet de supposer que les exigences de toutes les plantes qui intéressent l'agriculture soient les mêmes que celles du maïs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique, à l'aide de l'émulsine, du monoglucoside* β *du glycol propylénique ordinaire*. Note de MM. **Em. Bourquelot**, **M. Bridel** et **A. Aubry**, présentée par M. Jungfleisch.

Le glycol propylénique employé dans nos expériences est le glycol isopropylénique ou propanediol (1-2) ou α-propylène-glycol, dont les fonctions alcooliques sont : l'une primaire, l'autre secondaire

$$CH^3-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{OH}{|}}{C}}-CH^2OH$$

Il était sans action sur la lumière polarisée; il distillait à $+187^\circ,7$ à la pression ordinaire et à $+110^\circ$-115° sous pression réduite à 6^{mm}-10^{mm}.

C'est, comme on sait, un corps inactif par compensation, qu'on doit considérer, par conséquent, comme un mélange ou une combinaison à parties égales de deux glycols à pouvoirs rotatoires égaux et de signe contraire. L'étude de sa glucosidification biochimique présentait donc un intérêt particulier, car il y avait lieu de se demander si la réaction synthétisante du ferment porterait sur un seul des deux isomères optiques ou sur les deux à la fois.

Après avoir constaté que l'émulsine exerçait ses propriétés glucosidifiantes sur le glucose en solution dans le glycol propylénique additionné de faibles quantités d'eau, on a fait dissoudre, à chaud, environ 100^g de glucose pur dans un mélange de 400^g de ce liquide et de 63^g d'eau distillée; on a laissé refroidir et ajouté 5^g d'émulsine en poudre.

La solution accusait une rotation de $+23^\circ 20'$ ($l=2$) et renfermait, d'après un dosage à la liqueur cupro-potassique, $20^g,820$ de glucose

pour 100^{cm^3}. On l'a abandonnée d'abord à la température du laboratoire; on l'a maintenue ensuite dans une étuve réglée à + 33° et, en dernier lieu, on l'a abandonnée de nouveau à la température du laboratoire : c'est ce qui se trouve précisé ci-dessous :

	Rotation ($l = 2$).
30 mars 1914. Température du laboratoire (14° à 18°)....	+23°20′
16 avril. » »	+22.36
On porte à l'étuve à + 33° :	
6 mai..........	+10.30
8 juillet (¹)..........	+ 2.20
28 juillet..........	— 0.44
On abandonne à la température du laboratoire (15° à 22°) :	
14 octobre..........	— 2.26

La rotation avait donc reculé vers la gauche de 25°46′ en 6 mois et demi. Pensant que la réaction approchait de son terme, on a procédé à la séparation du ou des glucosides formés.

On a porté le mélange au bain-marie bouillant pendant 20 minutes, laissé refroidir et filtré. On a distillé sous pression réduite d'abord au bain-marie pour retirer l'eau, puis au bain d'huile à + 115° pour récupérer le glycol propylénique resté libre.

Le résidu, coloré en jaune pâle, pesait 185^g. On l'a fait dissoudre dans une quantité d'eau suffisante pour faire 1^l et l'on a ajouté 30^g de levure haute. La fermentation du glucose restant a duré 3 jours; après quoi, le liquide filtré accusait, au tube de 2^{dm}, une rotation de — 4°34′.

On a distillé au bain-marie, sous pression réduite, jusqu'à réduction à 250^{cm^3} et l'on a ajouté 750^{cm^3} d'alcool à 95^c, ce qui a précipité diverses impuretés provenant de la levure. On a laissé déposer, on a filtré et, après avoir retiré l'alcool par distillation au bain-marie, on a achevé l'évaporation sous pression réduite.

Le résidu pesait 137^g. Comme il renfermait encore du glycol, on l'en a débarrassé en l'épuisant à cinq reprises différentes par de l'éther acétique bouillant, et en employant successivement 200, 150, 500, 500, 500 centimètres cubes de ce véhicule. Après ces traitements, qui ont enlevé une certaine quantité de glucoside, il restait 61^g d'un produit transparent et presque incolore.

(¹) Le 8 juillet, on a ajouté au mélange une nouvelle dose de 5^g d'émulsine.

On a essayé d'en déterminer la cristallisation en en traitant de petites quantités par divers dissolvants; mais on n'a pas réussi.

Dans ces conditions, on en a dissous la plus grande partie dans 50^{cm^3} d'alcool absolu et l'on a ajouté 20^{cm^3} d'éther sec, ce qui a amené la précipitation d'une partie du glucoside sous la forme d'une masse blanche presque solide qu'on a purifiée en la reprenant par l'alcool à 95^c et en précipitant de nouveau par l'éther.

Après avoir décanté et chassé l'éther restant par la chaleur, on a dissous le tout, 20^g environ, dans 125^{cm^3} d'eau. La solution accusait une rotation ($l = 2$) de $-9°14'$. Elle ne réduisait pour ainsi dire pas la liqueur cupro-potassique. Elle renfermait, pour 100^{cm^3}, $15^g,2240$ de produit sec (moyenne de 2 déterminations portant sur 5^{cm^3} de liquide évaporé dans le vide sulfurique, puis à l'étuve à 100°). Le pouvoir rotatoire du glucoside sec se trouve être ainsi : $\alpha_D = -30°,32$ (¹).

Pour déterminer la composition de ce glucoside, on en a effectué l'hydrolyse par l'acide sulfurique étendu et par l'émulsine. Par l'acide sulfurique, $0^g,7612$ de produit sec ont donné $0^g,542$ de glucose. Par l'émulsine, en laissant l'hydrolyse se prolonger pendant 15 jours (jusqu'à l'arrêt de la réaction), le même poids de produit sec en a donné $0^g,560$. Ces résultats correspondent à un monoglucoside (glucose théorique : 1° pour un monoglucoside, $0^g,575$; 2° pour un diglucoside, $0^g,685$).

Enfin on a déterminé l'hydrolyse, par l'émulsine, de 19^g à 20^g de produit, de façon à mettre en liberté une quantité de glycol suffisante pour pouvoir en effectuer l'examen polarimétrique. On a retiré ce glycol par distillation dans le vide à +115°, l'eau ayant été préalablement éliminée par distillation dans le vide à + 40°-50°. Le glycol propylénique ainsi récupéré était inactif. On en peut conclure que la glucosidification a porté en même temps sur les deux isomères optiques et que le monoglucoside obtenu est un racémique par la fonction alcoolique secondaire qui n'a pas été glucosidifiée.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures trois quarts.

A. Lx.

(¹) Le pouvoir rotatoire, déterminé ainsi sur un produit non cristallisé, est vraisemblablement un peu faible.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JANVIER 1915.

Catalogue d'étoiles observées à Pé-kin sous l'empereur K'Ien-Long (XVIIIe siècle), réduites à 1875 et identifiées avec les étoiles de nos constellations, par le R. P. P TSUTSIHASHI, S. J. (Extrait des *Annales de l'Observatoire de Zô-Sè*, t. VII, 1911). Imprimerie de T'ou-sè-wè, Zi-ka-wei, Chang-hai; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Bigourdan.)

Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie), par ET. JOUKOWSKY et JUL. FAVRE. Paris, G. Fischbacher, 1913; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Termier.)

Observations sur les rapports entre la flore du Salève et la géologie de cette montagne, par JUL. FAVRE. Paris, G. Fischbacher, 1914; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Termier.)

Université de Pavie. *Atti dell' Istituto botanico dell' Universita*, redatti da GIOVANNI BRIOSI, 2e série, Vol. XIII e XIV. Milano, Rebeschini di Turati, 1914; 2 vol. in-4°. (Présentés par M. Ed. Perrier.)

United States of America. Department of Commerce. *Fourth general adjustment of the precise level net in the United States and the resulting standard elevations*, by WILLIAM BOWIE and H.-G. AVERS. Washington, Government printing Office, 1914; 1 vol. in-4°.

Anuario del Observatorio de Madrid para 1915. Madrid, Bailly-Baillière, 1914; 1 vol. in-12.

L'analogo elettrico del fenomeno di Zeeman e la costituzione dell' atomo, par A. LO SURDO. (Estratto da *L'Elettrotecnica*, 5 ottobre 1914.) 1 fasc. in-4°.

Sulla formazione della rugiada e della brina, Nota de ANTONIO LO SURDO. Roma, Salviucci, 1914; 1 fasc. in-8°.

Il campo elettrico nello spazio di Hittorf-Crookes, Nota de A. LO SURDO. Roma, Salviucci, 1914; 1 fasc. in-8°.

Azione simultanea di un campo elettrico e di un campo magnetico sulla riga rossa dello spettro dell' idrogeno, Nota di ANT. GARBASSO. Pavia, Fratelli Fusi, 1914; 1 fasc. in-8°.

Smithsonian Institution. United States national Museum. *Proceedings*, Vol. XLVI. Washington, Government printing Office, 1914; 1 vol. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 1er FÉVRIER 1915.

De danske Kysters Middelvandstande og disses reduktion til « Stille » Polhojde-variationens Indflydelse, udgivet af V. H. O. MADSEN, bearbejdet af N M. PETERSEN. Kjobenhavn, Bianco Lunos Bogtrykkeri, 1914; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Lallemand.)

Report of the meteorological service of Canada central Office, Toronto for the year ended december 31, 1911; R. F. STUPART, director, Vol. I and II. Ottawa, printed by J. de L. Taché, printer to the king's most excellent majesty, 1914; 2 vol. in-4°.

University of California. Berkeley :

— Publications of the Lick Observatory, Vol. XII : *Measures of double stars*, by ROBERT GRANT AITKEN, 1914; 1 fasc. in-4°.

— Publications in Agricultural Sciences, Vol. I, nos 6 and 7 : *The effect of Copper, Zinc, Iron and Lead saltz on Ammonification and Nitrification in Soils; — Studies on Ammonification in Soils by pure Cultures*, by C. B. LIPMAN and P. S. BURGESS, 1914; 2 fasc. in-8°.

— Publications in Botany, Vol. VI, n° 1 : *Parasitic Florideae*, 1, by WILLIAM ALBERT SETCHELL, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 2 : *Phytomorula regularis, a symmetrical protophyte related to cœlastrum*, by CHARLES ATWOOD KOFOID, 1914; 1 fasc. in-8°.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 FÉVRIER 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NAVIGATION. — *Au sujet du transport des mines marines par les courants, sous l'action de la houle.* Note de M. **L.-E. BERTIN**.

Les mines automatiques ou torpilles de blocus, qui se sont mouillées en nombre énorme dans les guerres navales modernes, ont présenté une mobilité un peu imprévue, de laquelle ont résulté, surtout pour les bâtiments de commerce, de fréquentes catastrophes. L'origine de cette mobilité est dans l'insuffisance certaine, lorsque la mer est agitée, de l'excès du poids p du crapaud qui sert d'ancrage sur la traction verticale f exercée par l'orin de la torpille.

Les poids, qu'il importe de réduire le plus possible en vue de la facilité et de la promptitude de la manœuvre, ont été déterminés en attribuant, à la poussée hydrostatique de l'eau sur la torpille, sa valeur en eau calme. Or, dans le liquide animé d'un mouvement oscillatoire vertical, la poussée est augmentée au point mort inférieur, en même temps que diminuée au point mort supérieur, de toute la force d'inertie développée dans le mouvement oscillatoire.

Considérons le cas le plus simple, celui d'une houle unique à orbites circulaires. Soient r le rayon des orbites, ε la vitesse angulaire sur les orbites et δ le poids de l'unité de volume du liquide. L'expression de la poussée hydrostatique F par unité de volume, en fonction du temps t, est connue depuis longtemps et elle évoque ici de vieux souvenirs. On la trouve, en effet, à la page 20 des *Notes sur la théorie et l'observation de la houle et du*

roulis [*Congrès des Sociétés savantes* du 1er mai 1870 (¹)] :

$$F = \delta \sqrt{1 + \frac{\varepsilon^4 r^2}{g^2} - 2\frac{\varepsilon^2 r}{g}\cos \varepsilon t}. \tag{1}$$

Le temps t est compté à partir du sommet de l'orbite.

En fonction de la demi-longueur L des vagues, la valeur de F est

$$F = \delta \sqrt{1 + \left(\frac{\pi r}{L}\right)^2 - 2\frac{\pi r}{L}\cos \sqrt{\frac{\pi g}{L}}\, t}. \tag{2}$$

Si cette formule algébrique, qui représente des fonctions elliptiques, est assez complexe, les calculs numériques auxquels elle donne lieu sont des plus simples, quand on attribue à t les deux valeurs

$$t = 0, \qquad t = \pi,$$

qui correspondent, la première aux sommets des vagues et la seconde aux creux. Ces calculs ont été faits autrefois, non pour déterminer la tenue des torpilles de blocus, mais pour établir l'inexactitude de la théorie du roulis fondée sur l'hypothèse de la houle sinusoïdale. Ils ont conduit au Tableau suivant, donné page 133 des *Données théoriques et expérimentales sur la houle et le roulis :*

Le poids spécifique δ est pris pour unité; F_1 est la poussée hydrostatique dans le creux des vagues, F_2 la poussée au sommet des vagues.

$\frac{r}{L}$.	$F_1 = 1 + \frac{\pi r}{L}$.	$F_2 = 1 - \frac{\pi r}{L}$.
0,05	1,157	0,843
0,10	1,314	0,686
0,15	1,471	0,529

Le rapport 0,05 se rencontre usuellement à la surface de la houle en haute mer, au cours du vent qui produit l'agitation. Le rapport 0,10 a été

(¹) Le manuscrit de ces Notes avait été auparavant adressé à l'Académie des Sciences et soumis à une Commission dont M. de Saint-Venant devait être rapporteur.

Un an plus tôt, le texte de la première *Étude*, qui put être imprimé en 1869 à Cherbourg, avait été envoyé à M. Delaunay pour être présenté à l'Académie. La formule (1) est donnée à la page 24 de cette *Étude*.

Enfin la formule (1) et le Tableau numérique des valeurs de F se trouvent dans les *Notes sur la houle et le roulis*, écrites plus tard pour la *Revue maritime*, traduites en anglais par les soins de Sir Edward Reed, *Notes on waves and rolling*, publiées dans le *Naval Science*.

également observé en haute mer, sur des houles plus courtes que les précédentes. Le rapport 0,15 se rencontre dans les mers peu profondes, où l'influence de fond se fait sentir sur le profil de la houle; il s'applique particulièrement au cas des mines marines.

La valeur de F_1 dans le Tableau représente bien la poussée de l'eau sur le flotteur contenant l'explosif, parce que ce flotteur, dans une houle un peu forte, affleure de très près la surface au moment du passage des creux. Nous attribuerons donc à F_1 les trois valeurs 1,15 — 1,30 — 1,50, pour prendre des nombres ronds.

Considérons maintenant une mine déplaçant, par exemple, 400^{kg} d'eau en mer calme et pesant 300^{kg}, avec sa charge de 70^{kg} d'explosif. La tension f de l'orin est de 100^{kg}. A supposer que le poids p du crapaud soit de 150^{kg}, la pression sur le fond de la mer, en vertu de laquelle la mine est maintenue à son poste, sera

$$p - f = 150 - 100 = 50^{kg}.$$

Si la plus faible des trois houles considérées, celle dans laquelle F_1 est égal à 1,15, vient à passer sur cette mine, la tension de l'orin augmente aussitôt dans les creux et devient

$$f = 400 \times 1,15 - 300 = 160^{kg},$$

La pression du crapaud sur le fond devient légèrement négative

$$p - f = 150 - 160 = -10^{kg},$$

c'est-à-dire que la torpille soulève le crapaud, au passage des creux, et flotte un instant au gré du courant.

Avec la houle moyenne donnant $F_1 = 1,30$ nous avons de même

$$f = 400 \times 1,30 - 300 = 220^{kg},$$
$$p - f = 150 - 220 = -70^{kg},$$

et la flottabilité est beaucoup plus prononcée.

Enfin la valeur $F_1 = 1,50$ donne

$$f = 400 \times 1,50 - 300 = 300^{kg},$$
$$p - f = 150 - 300 = -150^{kg},$$

La mine flotterait alors librement, crapaud soulevé, pendant une très grande partie du parcours inférieur des orbites liquides, entre les deux valeurs de t, pour lesquelles F_1 est égal à l'unité et qui sont, d'après les

équations (1) et (2), déterminées par la formule [1]

$$(3) \qquad t = \frac{1}{\varepsilon} \arccos \frac{r\varepsilon^2}{2g},$$

ou par la formule équivalente

$$(4) \qquad t = \sqrt{\frac{L}{\pi g}} \arccos \frac{\pi r}{2L} = \frac{T}{\pi} \arccos \frac{\pi r}{2L},$$

T étant la durée de la demi-période de la houle, égale à $\sqrt{\frac{\pi L}{g}}$.

Nous avons laissé de côté, comme négligeable, le cas où, soit dans un clapotis dû au voisinage d'une côte accore, soit par l'effet de toute autre superposition de mouvements ondulatoires, le profil des vagues atteindrait l'acuité de la cycloïde, et où la valeur de F_1 deviendrait ainsi égale à 2, celle de F_2 se réduisant à zéro.

En s'en tenant aux profils de houle à prévoir, les nombres obtenus pour la valeur de $p - f$, dans l'hypothèse où nous nous sommes placés, montrent qu'il faudrait doubler le poids de 150^{kg} attribué au crapaud pour empêcher celui-ci d'être soulevé par l'orin de la torpille.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces telles que les lignes de courbure se correspondent sur la surface primitive et sur la surface lieu des centres des sphères osculatrices aux lignes de courbure d'une série de la surface primitive.* Note de M. C. **Guichard**.

I. Propriétés géométriques. — Soit M un point qui décrit une surface cherchée. Le centre de la sphère osculatrice à la première ligne de courbure est le point C. (Les notations sont celles de ma Note du 18 janvier.)

Si la surface (M) possède la propriété indiquée, le réseau (C_1) sera un réseau O. D'après la loi d'orthogonalité des éléments, la congruence RR_1 sera une congruence O. Soit alors I un point de RR_1 qui décrit une surface normale à RR_1. Le premier centre de courbure de la surface (I)

[1] A rapprocher de l'expression des deux valeurs de t correspondant au passage des deux points d'inflexion d'une couche trochoïdale

$$t = \frac{1}{\varepsilon} \arccos \frac{r\varepsilon^2}{g}.$$

est le point R; par conséquent le point M est le centre de la sphère osculatrice à la première ligne de courbure de I; donc :

La surface cherchée est aussi le lieu des centres des sphères osculatrices à une série de lignes de courbure d'une surface.

Il est clair que la réciproque est exacte. Les surfaces (M) et (C_1) ont donc la même propriété. Soit alors M' le centre de la sphère osculatrice à la première ligne de courbure de C_1; le réseau M' sera un réseau O. Je désigne par C'_1 le centre de la sphère osculatrice à la première ligne de courbure de M', le réseau (C'_1) sera aussi un réseau O, etc. On a donc deux séries de surfaces (M), (M'), (M''), ... et (C_1), (C'_1), (C''_1), ... Les surfaces d'une série ont même représentation sphérique de leurs lignes de courbure; donc :

Si l'on connaît une surface satisfaisante (M) *on pourra, en général, en déduire, sans aucune intégration, une série illimitée de surfaces, ayant même représentation sphérique des lignes de courbure que la surface* (M) *et possédant la propriété caractéristique de la surface* (M).

Il peut se faire d'ailleurs que la série ainsi obtenue soit limitée, en ce sens qu'au bout d'un certain nombre d'opérations on retombe sur une surface identique à (M). Il y a là un cas particulier très intéressant sur lequel je reviendrai.

II. Équation du problème. — Je désignerai par

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal qui correspond au réseau (M) et par a, b, m, n les rotations correspondantes. Pour trouver l'équation du problème je vais exprimer que la congruence R R_1 est une congruence O. Soient ξ_1, ξ_2, ξ_3; η_1, η_2, η_3 les paramètres normaux des tangentes au réseau R. On aura, en appliquant les formules de la transformation de Laplace,

$$\xi_i = \frac{\partial \beta_i}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\beta_i, \qquad \eta_i = \frac{\beta_i}{n} \qquad (i = 1, 2, 3),$$

on aura

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial v} = \mathrm{N}\eta_i, \qquad \frac{\partial \eta_i}{\partial u} = \mathrm{M}\xi_i,$$

M et N ayant des valeurs qu'il est inutile de calculer.

La congruence RR_1 étant O, l'équation à laquelle satisfont les ξ_i admet une solution ξ telle que

(1) $$\xi_1^2+\xi_2^2+\xi_3^2+\xi^2=0,$$

A la fonction ξ correspond une fonction η telle que

$$\frac{\partial\xi}{\partial v}=N\eta, \qquad \frac{\partial\eta}{\partial u}=M\xi.$$

En différentiant l'équation (1) par rapport à v, on a

$$\xi_1\eta_1+\xi_2\eta_2+\xi_3\eta_3+\xi\eta=0$$

et par conséquent

$$\frac{\partial}{\partial u}(\eta_1^2+\eta_2^2+\eta_3^2+\eta^2)=0.$$

En choisissant convenablement la variable v, on peut supposer

$$\eta^2+\eta_2^2+\eta_3^2+\eta^2=1.$$

Je pose

$$\beta=n\eta;$$

β satisfait à la même équation de Laplace que les β_i et l'on a

$$\beta_1^2+\beta_2^2+\beta_3^2+\beta^2=n^2$$

ou

$$1+\beta^2=n^2,$$

ce qui permet de poser

(2) $$n=\cos\varphi, \qquad \beta=i\sin\varphi.$$

L'équation de Laplace, à laquelle satisfont les γ, admet la solution

$$\gamma=\frac{1}{n}\frac{\partial\beta}{\partial u}=i\frac{\partial\varphi}{\partial u}.$$

Et par conséquent on a

(3) $$m=\frac{1}{\beta}\frac{\partial\gamma}{\partial u}=\frac{1}{\sin\varphi}\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}.$$

D'autre part on a

$$\xi=\frac{\partial\beta}{\partial u}-\frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\beta.$$

En remplaçant β par sa valeur, l'équation (1) donne

$$a^2+m^2=\left(\frac{\partial\varphi}{\partial u}\right)^2,$$

ce qui conduit à poser

$$a = \cos\theta \frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad m = \sin\theta \frac{\partial\varphi}{\partial u}.$$

L'équation (3) donne alors

(4) $$\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} = \sin\theta \sin\varphi \frac{\partial\varphi}{\partial u}.$$

L'équation

$$\frac{\partial a}{\partial v} = bm$$

donne, en tenant compte de l'équation (4),

$$b = -\frac{\partial\theta}{\partial v} + \cos\theta \sin\varphi.$$

Si l'on écrit que

$$\frac{\partial b}{\partial u} = an,$$

on trouve après réduction

$$-\frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v} - \sin\theta \sin\varphi \frac{\partial\theta}{\partial u} = 0$$

ou, en tenant compte de l'équation (4),

$$\frac{\dfrac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v}}{\dfrac{\partial\theta}{\partial u}} + \frac{\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial u}} = 0.$$

En intégrant et en choisissant convenablement la variable u, on aura

(5) $$\frac{\partial\theta}{\partial u}\frac{\partial\varphi}{\partial u} = 1.$$

En résumé, on déterminera θ et φ par les équations

(6) $$\frac{\partial\theta}{\partial u}\frac{\partial\varphi}{\partial u} = 1, \qquad \frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} = \sin\varphi \sin\theta \frac{\partial\varphi}{\partial u}.$$

Les rotations auront les valeurs suivantes :

(7) $$\begin{cases} a = \cos\theta \dfrac{\partial\varphi}{\partial u}, & m = \sin\theta \dfrac{\partial\varphi}{\partial u}, \\ b = -\dfrac{\partial\theta}{\partial v} + \cos\theta \sin\varphi, & n = \cos\varphi. \end{cases}$$

Dans ces conditions, toutes les relations qui doivent exister entre les rotations sont bien satisfaites.

On trouve facilement, pour les rotations du réseau (C_1),

$$(8)\qquad \begin{cases} |a| = \cos\varphi \dfrac{\partial\theta}{\partial u}, & |m| = -\sin\varphi \dfrac{\partial\theta}{\partial u}, \\ |b| = -\dfrac{\partial\varphi}{\partial v} - \cos\varphi\sin\theta, & |n| = -\cos\theta. \end{cases}$$

III. Transformations. — Parmi les nombreuses propriétés que possèdent les systèmes étudiés, je signale la suivante : *La congruence* MR *est* 2C. En effet, les paramètres β_1, β_2, β_3 de MR satisfont à l'équation

$$(9)\qquad \frac{\partial^2\beta}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\frac{\partial\beta}{\partial u} + mn\beta.$$

Cette équation admet la solution $\beta = \sin\varphi$. Or

$$(10)\qquad \begin{cases} \beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2 = 1, \\ \beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2 - \sin^2\varphi = n^2; \end{cases}$$

et par conséquent, si ω est une constante,

$$(11)\qquad \beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2 - \sin^2\omega\sin^2\varphi = \cos^2\omega + n^2\sin^2\omega.$$

Ce qui montre que la congruence MR est 2C d'une infinité de manières, la coordonnée complémentaire qui rend la congruence 2C étant $i\sin\omega\sin\varphi$. D'après la loi d'orthogonalité des éléments, le réseau décrit par le point C est 2C d'une infinité de manières. Le réseau (C) joue vis-à-vis du réseau (C_1) le même rôle que le réseau (R) vis-à-vis du réseau (M). Le réseau (R) est aussi 2C, il est donc applicable sur une infinité de réseaux (R′) de l'espace à quatre dimensions. Soit (M′) un réseau qui se déduit de (R′) comme (M) se déduit de (R). Le réseau (M′) sera un réseau O comme le réseau (M). Lorsque l'existence de ces réseaux (M′) associés au réseau (M) est établie, on trouve facilement les rotations du déterminant orthogonal qui correspond au réseau (M′). Ces rotations sont

$$(11)\qquad \begin{cases} A = \dfrac{ia}{\sin\omega}, & E = \dfrac{i\cos\omega}{\sin\omega}\dfrac{\partial\varphi}{\partial u}, & M = \dfrac{im}{\sin\omega}, \\ B = b, & F = \cos\omega\sin\varphi, & N = \dfrac{-i}{\sin\omega}\cos\varphi, \end{cases}$$

ω étant une constante. Pour obtenir les transformations du réseau (M), il suffit de se reporter à ma théorie générale de la transformation des réseaux O associés.

IV. Remarque. — Toutes les propriétés indiquées ne dépendent que de la direction des éléments. Si donc on remplace le réseau (C_1) par un réseau parallèle, le nouveau réseau obtenu possède la même propriété que le réseau C_1. En particulier, on pourra prendre le réseau parallèle sur une sphère. J'ai donc, en somme, traité le problème suivant :

Trouver les surfaces telles que le lieu des centres des sphères osculatrices à une série de lignes de courbure soit une sphère.

BOTANIQUE. — *La fleur*. Note de M. **Paul Vuillemin**.

La fleur fut l'unique objet de l'attention des premiers botanistes. De nos jours, sa valeur propre est mise en question. Ph. van Tieghem s'excuse de lui consacrer un Chapitre de son Traité : « Son étude, dit-il, aurait pu logiquement être faite, partie avec celle des différenciations de la tige, partie surtout avec celle des feuilles différenciées » ; et ailleurs : « *L'étude de la fleur est essentiellement une analyse de feuilles différenciées.* »

A la fin du xviiie siècle, Wolff avait assimilé les appendices floraux à des feuilles dont les caractères subissent une réduction graduelle du sépale au carpelle. Gœthe, au contraire, admit une métamorphose progressive du calice au pistil. Sous de séduisants dehors de simplicité, les théories foliaires, popularisées par le génie de Gœthe, négligent ce qui est essentiel dans la fleur. Ce que Gœthe prenait pour une métamorphose progressive de la feuille est en réalité la subordination croissante du membre considéré comme feuille à un organe d'origine différente.

Turpin s'en aperçut en 1820. Il signale « certains organes surajoutés » à l'appendice staminal. D'autre part, il fait au pistil une ingénieuse application de la théorie de Dupetit-Thouars, qui voit dans la feuille un appendice protecteur des nœuds vitaux, massifs cellulaires d'où naissent les embryons fixes ou libres. Mettant à part la nucelle surajoutée au pistil comme les loges d'anthère à l'étamine, Turpin reconnaît dans le funicule un axe protégé par la feuille ovarienne, dans le raphé, un axe protégé par la feuille ovulaire. Évidemment, le funicule et le raphé ne sont pas des tiges; cela ne les empêche pas d'être homologues des axes.

Les organes confondus sous le nom de *feuilles* ont, suivant Lignier, deux origines : les uns (*phylloïdes*) sont des appendices latéraux primitifs; les autres sont des portions d'axe, séparées au début par dichotomie, devenues progressivement bifaciales et latérales comme les feuilles. Nous nomme-

rons *frondoïdes* les membres d'origine axile susceptibles de prendre des caractères foliacés. Lignier pensait que les phylloïdes n'ont pas évolué et que la feuille proprement dite dérive de ce que nous appelons *frondoïde*. C'est exact pour les Filicinées et les Gymnospermes où la fronde tient lieu de feuille. Mais chez les Angiospermes, les feuilles végétatives dérivent surtout du phylloïde par gamophyllie; le frondoïde garde son importance dans la fleur.

Les funicules avec les placentas sont d'origine frondoïdale; les parois ovariennes sont des phylloïdes avec lesquels les placentas contractent les mêmes connexions que la ligule avec la feuille.

Le grand mérite de Turpin est d'avoir, en dépit du poids écrasant du nom de Gœthe, vu dans la fleur bien autre chose qu'un bouquet de feuilles, sans se laisser duper par la fiction poétique des métamorphoses.

La fleur reflète tous les perfectionnements caractéristiques des groupes qui s'élèvent des Protistes aux Angiospermes. Elle unit la stabilité à la variation, le repos à l'activité, la symétrie géométrique à la fluctuation biologique; elle est le nœud entre le passé et l'avenir, le lien des générations, le point de convergence des périodes de contraction et d'expansion, dont la succession rythmique est la manifestation la plus apparente de la vie. On ne saurait comprendre la fleur, sans remonter aux sources de la vie dont elle est l'organe générateur le plus compliqué, sans embrasser, des plus humbles ébauches de la végétation aux membres les plus différenciés, toutes les étapes du progrès, dont la trace est imprimée dans sa morphologie.

La cytologie établit que toute plante renferme deux unités cellulaires, l'*haplocyte* et le *diplocyte*, sans parler des termes de passage et des modifications accidentelles. Le nombre des chromosomes diffère de l'un à l'autre du simple au double. Chaque type caractérise une période de l'ontogénie (stade haploïde ou haplophase, stade diploïde ou diplophase). La cellule où le nombre des chromosomes passe du simple au double est un *zygote*; celle où le passage inverse s'accomplit est un *zeugite*.

L'histogénie reconnaît dans le corps végétal, ou dans un membre de ce corps, trois degrés de différenciation : 1° le *protophyte*, où les tissus proviennent d'une seule initiale ou d'un groupe homogène d'initiales (thalle); 2° le *mésophyte*, muni de deux sortes d'initiales dont les extérieures forment un épiderme (sporogone d'Hépatiques); 3° le *métaphyte*, dérivé de trois sortes d'initiales; les faisceaux libéro-ligneux sont des produits du groupe interne.

Les formations protophytiques se distinguent en haplothalles et diplothalles, selon que leurs cellules sont haploïdes ou diploïdes. Les cellules diploïdes sont constantes dans les corps mésophytiques et métaphytiques.

La fleur renferme des formations métaphytiques et mésophytiques, des diplothalles et des haplothalles, des zygotes et des zeugites.

De chaque zeugite générateur procède un haplothalle, vestige du thalle primitif, du prothalle avec archégones et anthéridies, de l'endosperme avec corpuscules, réduit aux gamètes, fonctionnels ou non. Deux gamètes de sexes différents, provenant ou non de la même fleur, s'unissent en un zygote homologue de l'œuf. Le zygote n'est ni génératif, ni reproductif. Il inaugure un nouveau stade de la génération commencée au stade haploïde par deux personnes qui seront juxtaposées, mélangées, pendant tout le stade diploïde, pour se combiner dans le zeugite marquant le début d'une nouvelle génération.

Les zeugites, intégrant la fusion des éléments rapprochés dans le zygote, sont nécessairement postérieurs au zygote. Le rapport inverse s'observe dans la fleur, parce que les zeugites, sur lesquels s'implantent les haplothalles mâles et femelles, racines de la génération à laquelle appartient le zygote, terminent eux-mêmes une génération antérieure.

Les cellules mères du pollen et du sac embryonnaire, les zeugites en un mot, font partie de diplothalles homologues des sporanges. Le diplothalle mâle est le *sac pollinique;* par analogie, appelons le diplothalle femelle *sac gynogénique*.

Un corps mésophytique, *loge d'anthère* et *nucelle*, rattache le diplothalle à l'appendice vascularisé. Les mêmes transitions se répètent en sens inverse entre le zygote et le corps vasculaire de la nouvelle plante. Nous retrouvons le diplothalle dans les préembryons et les embryons à leur début, le mésophyte dans l'embryon où la différenciation du dermatogène devance celle du plérome.

Après avoir fait le départ de ce qui, dans la fleur, appartient aux formations thalliques ou mésophytiques, il reste à préciser la valeur des formations métaphytiques assimilées sans discernement à la tige et à la feuille.

Cette assimilation ne soulève pas d'objection en ce qui concerne le périgone et le calice. Les étamines et les carpelles ne deviennent intelligibles que si l'on compare aux Cryptogames leur portion vascularisée aussi bien que leurs formations thalliques.

Les sporanges des Cryptogames vasculaires sont constamment portés

par des frondoïdes ou leurs dérivés. Les phylloïdes n'existent pas ou sont sans rapport avec les frondoïdes sporangifères chez les Filicinées et les Équisétinées; ils sont concrescents avec eux chez les Lycopodinées. Grâce à cette protection d'emprunt, le frondoïde s'y réduit aux sporanges et à un vestige liguliforme, décroissant des *Isoetes* aux *Selaginella* pour disparaître chez les Lycopodes, où le sporange pourrait être pris pour une émergence du phylloïde lui-même. Parmi les Filicinées, les Ophioglossées et les Hydroptéridées ont un frondoïde dédoublé en une lame externe stérile et une lame interne fertile, que nous nommerons respectivement *limboïde* et *liguloïde*.

Dans la fleur, apanage des Angiospermes, le carpelle offre la constitution mixte de la feuille sporangifère des Lycopodinées. Le phylloïde fournit la paroi de l'ovaire et la portion extérieure du style; le frondoïde concrescent fournit le revêtement placentaire et stigmatique, les funicules et les raphés avec les téguments ovulaires. On aperçoit plus ou moins nettement, dans ce frondoïde, le clivage signalé chez les Hydroptéridées; au liguloïde appartient la portion saillante du placenta, déjà rattachée dans certains cas particuliers à la ligule par Ph. van Tieghem; le funicule et le raphé en font aussi partie; le limboïde confondu à la base, d'une part avec le phylloïde ovarien, d'autre part avec le liguloïde placentaire, acquiert une individualisation marquée dans le stigmate et surtout dans les téguments ovulaires.

Le filet de l'étamine, avec le connectif qui le surmonte, est homologue d'un frondoïde sporangifère, sans connexion directe avec les phylloïdes protecteurs.

Certains pétales normaux, issus des mêmes rudiments que les étamines, sont des limboïdes séparés des liguloïdes anthérifères. Le connectif s'individualise parfois en lames pétalaires. La plupart des formes intermédiaires entre le pétale et l'étamine, interprétées abusivement comme exemples de métamorphoses, résultent de la séparation du limboïde et du liguloïde confondus dans le frondoïde staminal.

Si divers pétales dérivent du frondoïde comme l'étamine, il en est d'autres qui résultent d'une simple modification des phylloïdes qui constituent le périgone.

En résumé, la fleur est formée de thalles rattachés par des formations mésophytiques à des appendices homologues de la fronde. Les feuilles proprement dites n'interviennent qu'à titre de protection supplémentaire dans le pistil et le périgone; l'axe floral, portant à la fois des frondes et des feuilles, tient du stipe et de la tige.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Bulletin de la Société de Pathologie exotique; Tome VII. (Présenté par M. A. Laveran.)

M. **Costantino Gorini** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1913 *f* (*Delavan*), *faites à l'Observatoire de Paris* (*équatorial tour de l'Ouest de* $0^m,305$ *d'ouverture*). Note de M. **B. Jekhowsky**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1915.	Étoiles.	Temps sidéral.	✶☉ — ✶. ΔR.	ΔD.	Nombre de compar.
		h m s	m s	′ ″	
Janv. 8.....	*k*	13.23.11,80	−0.44,62	+3.31,7	6:2
» 8.....	*k*	13.38.11,30	−0.43,86	+3.17,2	3:1
» 11.....	*l*	13.38.12,63	+0.25,08	+1.19,3	6:2
» 11.....	*m*	14. 3.28,80	+0. 5,87	+1.56,1	2:4

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

Dates. 1915.	Étoiles.	Gr.	R moyenne pour 1915,0.	Réduction au jour.	D moyenne pour 1915,0.	Réduction au jour.	Autorités.
			h m s	s	° ′ ″	″	
Janv. 8.....	*k*	6,7	16.56.23,33	−0,49	−13.25.56,8	− 8,2	A.G., 5826 Cambridge U.S.
» 11.....	*l*	9,2	16.59.25,61	−0,42	−14.26.16,9	− 8,3	BD−14°, 4532
» 11.....	*m*	8,3	16.59.46,38	−0,43	−14.27.10,3	− 8,3	A.G., 6103 Washington

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1915.	Temps moyen de Paris.	R apparente.	Log fact. parallaxe.	D apparente.	Log fact. parall.	Étoiles
	h m s	h m s		° ′ ″		
Janv. 8..	18.12.24,69	16.55.38,22	$\bar{1},5025_n$	−13.22.33,3	0,8587	*k*
» 8..	18.27.21,74	16.55.39,98	$\bar{1},4799_n$	−13.22.47,8	0,8627	*k*
» 11..	18.15.35,33	16.59.50,27	$\bar{1},4884_n$	−14.25. 5,9	0,8438	*l*
» 11..	18.40.47,36	16.59.51,82	$\bar{1},4441_n$	−14.25.22,5	0,8707	*m*

Remarques. — Janvier 8. — La comète est une nébulosité arrondie de 30″ environ, avec un noyau demi-stellaire, dont la partie centrale est assez brillante. Grandeur 7,5 environ. Sans queue. A la fin des observations, le ciel est un peu voilé.

Janvier 11. — La comète a toujours l'aspect d'une nébulosité arrondie avec un noyau demi-stellaire qui ressort assez bien. Grandeur 8.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur une propriété des progressions arithmétiques.* Note de M. **Alezais**, transmise par M. Haton de la Goupillière.

Dans deux Notes insérées au Tome 159 des *Comptes rendus*, pages 705 et 761, M. Haton de la Goupillière a étudié une propriété des progressions arithmétiques, dont on dispose les termes en tranches superposées constituant le profil d'un escalier, de telle sorte que la somme des termes de chacune d'elles soit le cube des termes d'une autre progression, dérivée de cette génératrice. Il a montré qu'à un type donné d'escalier, on peut toujours adapter une progression et une seule, réalisant avec lui la condition voulue. Le problème inverse, qui consiste à trouver pour une progression assignée directement un escalier efficace, admet au contraire deux solutions au lieu d'une, mais non plus indistinctement dans tous les cas. Ce n'est plus que pour une catégorie spéciale de progressions : elle en comprend d'ailleurs un nombre infini. M. Haton de la Goupillière n'a considéré que le cas où la raison est un multiple de 4; mais une manière plus générale de rendre rationnel le radical m'a permis de laisser ce nombre simplement pair. L'auteur a fait remarquer que la série des solutions, qui se présente au premier abord comme à triple entrée, doit être abaissée au degré double; un même escalier pouvant se présenter dans le calcul sous une infinité d'aspects différents en apparence. Je me suis attaché à élucider complètement ce point resté à l'état de simple indication et je suis arrivé aux résultats suivants.

On ne peut pas se donner arbitrairement à la fois la raison de la progression et son premier terme. Si l'on se donne seulement la raison r, il n'y a pas d'escalier correspondant si r est un entier impair. Si, au contraire, r est un entier pair, il y a une simple infinité de valeurs correspondantes du premier terme et à chacune d'elles correspondent deux escaliers. Mais cette double infinité de solutions peut se ramener à un nombre fini de groupes naturels. Si l'on appelle *escaliers équivalents* ceux qui se déduisent d'un même *escalier principal* par la seule suppression de quelques-unes de

ses tranches supérieures, on trouve qu'il y a exactement $\frac{r}{2}$ groupes d'escaliers équivalents et que les escaliers principaux de ces groupes ont leur première tranche formée respectivement des $1, 2, \ldots, \frac{r}{2}$ premiers termes de la progression.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Figures ellipsoïdales d'équilibre d'une masse fluide en rotation quand on tient compte de la pression capillaire.* Note de M. **Globa-Mikhaïlenko**, présentée par M. Appell.

1° Imaginons une masse fluide homogène dont les particules s'attirent suivant la loi de Newton et qui tourne autour d'un axe fixe avec la vitesse angulaire ω. On sait que cette masse peut affecter la figure soit d'un cylindre elliptique, soit d'une ellipsoïde quand on ne tient pas compte de la tension superficielle. L'objet de cette Note est de montrer que si l'on tient compte de la pression capillaire qui est proportionnelle à la courbure moyenne de la surface, les figures ellipsoïdales d'équilibre deviennent impossibles. Nous employons ici les mêmes notations que dans la Note précédente (*Comptes rendus*, t. 159, p. 646).

2° Donnons d'abord une expression commode de la courbure moyenne du cylindre elliptique et de l'ellipsoïde. Pour le cylindre elliptique, cette courbure se réduit à la courbure de l'ellipse de la section droite. En appelant R_1 et R_2 les demi-axes de l'ellipse, on trouve

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{1}{(R_1 R_2)^2}\left[\frac{x^2}{R_1^4} + \frac{y^2}{R_2^4}\right]^{-\frac{3}{2}}.$$

Passons à l'ellipsoïde. D'après les formules que M. Darboux a bien voulu m'indiquer, les rayons principaux de courbure de l'ellipsoïde sont

$$\rho = -(R_1 R_2 R_3)^{-1} u^{\frac{3}{2}} v^{\frac{1}{2}}, \qquad \rho' = -(R_1 R_2 R_3)^{-1} u^{\frac{1}{2}} v^{\frac{3}{2}},$$

R_1, R_2, R_3 étant les demi-axes de l'ellipsoïde et u et v les coordonnées elliptiques liées aux coordonnées rectangulaires par les relations

$$u + v = R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 - x^2 - y^2 - z^2,$$
$$uv = \frac{R_2^2 R_3^2}{R_1^2} x^2 + \frac{R_1^2 R_3^2}{R_2^2} y^2 + \frac{R_1^2 R_2^2}{R_3^2} z^2.$$

La courbure moyenne s'exprime donc par

$$\frac{1}{\rho}+\frac{1}{\rho'}=-R_1R_2R_3(u+v)(uv)^{-\frac{3}{2}}=-\frac{1}{(R_1R_2R_3)^2}\,\frac{R_1^2+R_2^2+R_3^2-x^2-y^2-z^2}{\left[\frac{x^2}{R_1^4}+\frac{y^2}{R_2^4}+\frac{z^2}{R_3^4}\right]^{\frac{3}{2}}}.$$

3° On trouve que, en appelant U la fonction des forces, α la pression capillaire, $F(x, y, z)$ l'équation de la surface libre du fluide et $f(x, y, z)$ une fonction convenablement choisie, l'identité suivante

$$U+\alpha=f(x, y, z)F(x, y, z)+\text{const.}$$

doit être vérifiée, si la masse fluide affecte une figure d'équilibre.

Mais, d'après ce qui précède, nous pouvons prendre pour le cylindre elliptique

$$\alpha=k\left[\frac{x^2}{R_1^4}+\frac{y^2}{R_2^4}\right]^{-\frac{3}{2}},$$

et pour l'ellipsoïde

$$\alpha=k_1(R_1^2+R_2^2+R_3^2-x^2-y^2-z^2)\left[\frac{x^2}{R_1^4}+\frac{y^2}{R_2^4}+\frac{z^2}{R_3^4}\right]^{-\frac{3}{2}},$$

k et k_1 étant des constantes.

Par conséquent, si le cylindre elliptique est une figure d'équilibre, en tenant compte de la tension superficielle, on doit avoir identiquement

$$\left(\omega^2-T\frac{S_1}{R_1}\right)x^2+\left(\omega^2-T\frac{S_2}{R_2}\right)y^2+k\left[\frac{x^2}{R_1^4}+\frac{y^2}{R_2^4}\right]^{-\frac{3}{2}}$$
$$=f(x,y)\left[\frac{x^2}{R_1^2}+\frac{y^2}{R_2^2}-1\right]+\text{const.}$$

De même pour l'ellipsoïde

$$\left(\omega^2-T\frac{S_1}{R_1}\right)x^2+\left(\omega^2-T\frac{S_2}{R_2}\right)y^2-T\frac{S_3}{R_3}z^2$$
$$+k_1(R_1^2+R_2^2+R_3^2-x^2-y^2-z^2)\left[\frac{x^2}{R_1^4}+\frac{y^2}{R_2^4}+\frac{z^2}{R_3^4}\right]^{-\frac{3}{2}}$$
$$=f_1(x,y,z)\left[\frac{x^2}{R_1^2}+\frac{y^2}{R_2^2}+\frac{z^2}{R_3^2}-1\right]+\text{const.},$$

T étant le volume de la masse fluide et $f(x, y)$ et $f_1(x, y, z)$ des fonctions convenablement choisies.

On vérifie sans difficulté que ces identités sont impossibles pour k et k_1 différentes de zéro, à moins qu'on ait $R_1=R_2=R_3$, ce qui, pour l'ellip-

soïde, entraîne $\omega = 0$. Par conséquent, la seule figure ellipsoïdale d'équilibre que peut affecter une masse fluide en rotation, si l'on tient compte de la tension superficielle, est le cylindre de révolution, ce qui est évident, car dans ce cas la tension superficielle est constante à la surface.

J'espère pouvoir montrer comment une faible pression capillaire modifie la figure ellipsoïdale.

PHYSIQUE. — *Roue à denture harmonique, application à la construction d'un chronomètre de laboratoire à mouvement uniforme et continu.* Note de M. **A. Guillet**, présentée par M. G. Lippmann.

Dans les horloges et les chronomètres, un organe oscillant subdivise le temps en intervalles égaux, marqués et totalisés sur un cadran par une aiguille recevant des déplacements successifs égaux.

Il serait utile pour beaucoup d'usages de pouvoir disposer d'un chronomètre dont l'aiguille serait animée d'un *mouvement uniforme de rotation.*

C'est un tel appareil que j'ai voulu réaliser.

I. *Théorie.* — On conçoit sans effort qu'un chariot convenablement disposé portant le profil

$$y = a \sin bx \tag{1}$$

sera entraîné d'un mouvement uniforme suivant l'axe des x si ce profil, matérialisé soit par un sillon, soit par une saillie, est commandé par un doigt solidaire de l'organe oscillant animé suivant l'axe des y d'un mouvement harmonique de loi

$$y = a \sin \omega t. \tag{2}$$

La vitesse v de translation du chariot aura alors pour mesure *le produit* X *du pas du profil par la fréquence* ν *de l'organe oscillant.*

On rendra le mouvement permanent en substituant à la translation suivant l'axe des x une rotation autour de l'axe des z, et il suffit pour cela d'enrouler la feuille qui porte le profil sous forme de cylindre d'axe Oz. La vitesse de translation v fera alors place à une vitesse angulaire de rotation ω' telle que

$$\omega' = \frac{X\nu}{U}, \quad \text{ou} \quad \frac{2\pi\nu}{N} \quad \text{ou} \quad \frac{\omega}{N}, \tag{3}$$

U mesurant le rayon du cylindre et N le nombre de pas contenus dans le parallèle du cylindre. Tout se passe comme si l'axe du cylindre était entraîné par un système de deux roues de friction, l'une de rayon Na calée sur l'axe et l'autre de rayon a animée de la vitesse angulaire ω.

Il est évident que tout phénomène de loi $y = f(mt)$ guidant un profil d'équation $y = f(nx)$ animera celui-ci d'un mouvement uniforme suivant Ox, de vitesse $m : n$. Ainsi, un corps très lourd astreint à tomber suivant la verticale Oy, en poussant un équipage à profil parabolique $y = \frac{m}{2}x^2$, obligera cet équipage à se mouvoir suivant Ox avec la vitesse $V = \sqrt{\frac{g}{m}}$.

Mais, par sa périodicité, ses propriétés mécaniques et le grand nombre des systèmes propres à l'engendrer (pendule de gravité, pendule de torsion, diapason, etc.), le mouvement sinusoïdal s'impose.

II. Pour faciliter tout à la fois la construction de l'organe tournant et les réglages, j'ai substitué au cylindre une roue à denture harmonique, de profil

$$Y = A \sin N \frac{s}{r},$$

taillée, au laboratoire, par divers procédés rapides faciles à imaginer.

La pente ε du profil sur le rayon au point (Θ, Y) a pour mesure

$$\operatorname{tang}\varepsilon = \frac{r + a \sin N\Theta}{aN \cos N\Theta}.$$

Aux points où le profil est rencontré par sa base

$$\operatorname{tang}\varepsilon = \pm \frac{r}{aN},$$

la pente correspondra donc à 45° pour $r = aN$.

Il est à remarquer qu'aux points où le profil est rencontré par un même diamètre, les tangentes sont parallèles ou inclinées en sens contraire d'un même angle sur le diamètre selon que le nombre des dents est pair $2k$ ou impair $2k + 1$.

III. *Disposition des organes du chronomètre.* — Ayant fait choix de l'électro-diapason comme oscillateur, j'ai monté la roue harmonique sur pointes, *ou sur coussinets* si l'un des bouts de l'axe doit être libre, et disposé l'équerre qui porte cet équipage de façon que l'axe de rotation de la roue soit dans le prolongement de l'axe de l'une des branches du diapason.

Un bras, fixé en son milieu sur le bout de la branche parallèlement au plan de vibration du diapason, est muni à chacune de ses extrémités d'une petite tige parallèle à l'axe de la roue et réglable en position. On amène ces tiges à prendre contact avec la roue sur la base de la denture et en deux points en opposition de phase. En suivant sur une figure le jeu de cette ancre oscillant harmoniquement sous l'amplitude a, on verra qu'à chaque période T correspond le passage d'une dent et que les pattes de l'ancre, alternativement menante et neutre, touchent constamment le profil. Il n'y a jamais échappement.

La roue conduite par celle des pattes de l'ancre qui s'engage dans la denture prend donc un mouvement uniforme et fait un tour dans le temps $\tau = NT$.

Des masses mobiles le long des branches du diapason, complétées par des masses additionnelles graduées, permettent de faire varier la période T entre des limites déterminées.

On règle optiquement l'amplitude à la valeur qu'elle doit avoir à l'aide d'un rhéostat à gros fil.

En montant la roue à canon sur l'axe d'un moteur approprié, le diapason n'intervient plus que comme organe correcteur.

Le contact d'entretien doit être établi de façon toute spéciale, car il doit pouvoir fonctionner sans variation, et d'une manière ininterrompue, pendant plusieurs jours si la recherche en cours l'exige.

L'expérience a pleinement vérifié les prévisions de la théorie et l'appareil se prête à d'utiles applications comportant de nombreux organes qui seront décrits ailleurs.

PHYSIQUE. — *Le diamètre rectiligne de l'azote.* Note de MM. **E. Mathias**, **H. Kamerlingh Onnes** et **C.-A. Crommelin**, présentée par M. E. Bouty.

1. Dans trois Notes précédentes (10 juillet et 8 août 1910, 13 janvier 1913), l'importance de l'étude du diamètre des corps gazeux qui se liquéfient à très basse température a été exposée et les densités du liquide et de la vapeur saturée de l'oxygène et de l'argon ont été données, pour le domaine entier des températures entre le point de solidification et le point critique de chaque corps. Il y avait intérêt à pouvoir comparer avec ces corps l'azote, corps simple comme l'argon et l'oxygène et diatomique comme le dernier. La Note présente contient les données nécessaires. La pression et la température critiques avaient été déjà déterminées par des recherches anté-

rieures [1] au Laboratoire de Leyde, où nous avons fait aussi les mesures contenues dans la Note précédente.

Les observations aux températures les plus élevées sont trop près de la température critique pour que nous puissions les accepter comme définitives. Il nous semble désirable de répéter ces déterminations avec un appareil construit spécialement pour la région critique.

Si l'on exclut les trois degrés immédiatement au-dessous de la température critique, les déviations du diamètre de l'azote par rapport à la ligne droite sont assez petites pour ranger ce corps parmi ceux qui obéissent à la loi du diamètre rectiligne. D'un autre côté, ces déviations sont assez sensibles et assez systématiques pour en conclure que le diamètre de l'azote, comme celui de l'oxygène et de l'argon, montre nettement une courbure convexe vers l'axe des températures aux basses températures. De plus, si l'on porte la courbe réduite des densités du liquide et de la vapeur saturée et le diamètre réduit de l'azote (à l'exclusion toujours de la partie voisine du point critique dont nous venons de parler) sur le diagramme dans lequel nous avons réuni (voir notre Note de janvier 1913) ces lignes de l'éther, de l'isopentane, de l'oxygène, du xénon et de l'hélium, la courbe des densités de l'azote se range parmi les autres, en sorte que toutes s'emboîtent dans l'ordre de leurs diamètres.

2. La méthode suivie était en principe la même que pour l'oxygène et l'argon. Quant aux détails, nous renvoyons à nos Mémoires présentés à l'Académie des Sciences d'Amsterdam [2]. Les expériences étaient faites avec le même azote d'extrême pureté que M. le professeur van Itallie avait eu la bonté de faire préparer pour la détermination des données critiques et des tensions de vapeur dont nous venons de parler.

3. Nous avons trouvé pour les densités δ et δ' du liquide et de la vapeur saturée à la même température θ, et pour l'ordonnée y du diamètre de l'azote, les nombres suivants :

---

(1) H. Kamerlingh Onnes, C. Dorsman et G. Holst, *Communications from the physical Laboratory at Leiden*, n° 145, *b* (*Zitting. Versl. Amsterdam Akademie v. Wet.*, décembre 1914).

(2) Séances de janvier 1911 (oxygène), octobre et novembre 1912 (argon) et décembre 1914 (azote).

Bain.	θ	δ (obs.).	δ' (obs.).	y (obs.).	y (calc.).	y (obs.) — y (calc.).
O^2 liq.....	—208°,36	0,8622	0,00089	0,4316	0,4308	+0,0008
O^2 »	—205,45	0,8499	0,00136	0,4256	0,4251	+0,0005
O^2 »	—200,03	0,8265	0,00278	0,4146	0,4145	+0,0001
O^2 »	—195,09	0,8043	0,00490	0,4046	0,4048	—0,0002
O^2 »	—182,51	0,7433	9,01558	0,3794	0,3802	—0,0008
CH^4 »	—173,73	0,6922	0,02962	0,3609	0,3630	—0,0021
CH^4 »	—161,20	0,6071	0,06987	0,3385	0,3385	0,0000
C^2H^4 »	—153,65	0,5332	0,1177	0,3255	0,3237	+0,0018
C^2H^4 »	—149,75	0,4799	0,1638	0,3219	0,3161	+0,0058
C^2H^4 »	—148,61	0,4504	0,1862	0,3183	0,3138	+0,0045
C^2H^4 »	—148,08	0,4314	0,2000	0,3157	0,3128	+0,0029

Les valeurs calculées de l'ordonnée du diamètre sont données par la formule

$$y = 0,022904 - 0,0019577\,\theta,$$

qu'on déduit par la méthode des moindres carrés des observations qui ne s'approchent pas plus que de 3° du point critique.

Le coefficient angulaire du diamètre est $\alpha = -0,0019577$.

La formule relative à y donne, avec la température critique $-147°,13$, pour la densité critique $\Delta = 0,31096$.

Le coefficient critique $\frac{R\Theta\Delta}{\pi}$ (R = constante des gaz, Θ = température critique absolue, π = pression critique) est 3,421; il est donc presque le même que celui de l'argon (3,424) et de l'oxygène [3,419, si l'on prend pour ce gaz les données critiques déterminées par Kamerlingh Onnes, Dorsman et Holst (1)]; l'ancien nombre 3,346, déduit dans la Note du 8 août 1910 du diamètre de l'oxygène déterminé par Mathias et Kamerling Onnes, résultait des données critiques anciennes d'Olszewski.

Les densités du liquide aux basses températures (—200° jusqu'à —102°) s'accordent à 1 pour 100 près environ avec les déterminations de Baly et Donnan (2).

---

(1) *Loc. cit.*

(2) E.-C.-C. Baly et F.-G. Donnan, *Journ. of the chem. Soc. Trans.*, t. **81**, 1902, p. 907.

PHYSIQUE. — *Déformation du caoutchouc vulcanisé sous l'action d'un champ électrostatique*. Note de M. **L. Bouchet**, présentée par M. E. Bouty.

On sait depuis Fontana ([1]) que le volume intérieur d'une bouteille de Leyde augmente pendant la charge. Si la bouteille contient de l'eau faisant office d'armature intérieure, le niveau du liquide baisse dans le vase. Bien plus tard, Korteweg et Julius ([2]), opérant sur le caoutchouc, ont vérifié très grossièrement que les déformations sont proportionnelles aux carrés des champs. Notre travail est une étude plus approfondie des déformations du caoutchouc soumis à l'action d'un champ électrostatique. Nous y tenons compte des anomalies élastiques signalées dans une de nos précédentes Notes ([3]) et nous montrons qu'à ces anomalies viennent se superposer d'autres résidus d'origine électrique.

Dispositif et mesures. — Notre dispositif est, dans tous ses détails, celui que nous avons décrit dans notre Note relative aux déformations mécaniques. Le même manchon élastique, ayant déjà servi à nos expériences sur les résidus d'élasticité, a été soumis sur ses deux parois à des actions électrostatiques qui, en le déformant, produisaient une variation de volume intérieur. Dans l'ensemble, l'appareil n'est autre qu'une bouteille de Leyde à armatures liquides. L'eau du manchon pénétrait dans un tube capillaire et l'observation du ménisque au moyen du microscope permettait d'évaluer les variations de volume intérieur du manchon.

La charge était fournie par une dynamo à haute tension, à excitation séparée et à marche très régulière. Cette dynamo donnait, pour une valeur convenable de l'excitation, une tension constante mesurée à l'aide d'un électromètre absolu. Les tensions utilisées furent

$$550^{\text{volts}};\quad 1260^{\text{volts}};\quad 1800^{\text{volts}};\quad 2520^{\text{volts}}.$$

La position du ménisque fut notée à intervalles réguliers pendant 2 minutes après la charge. Pendant cette période, le liquide baisse d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement, en s'acheminant vers un état stable.

Résultats. — Deux minutes après l'excitation du champ, la déformation cesse de croître d'une façon appréciable. Nous avons déjà observé que sous l'action d'une pression mécanique constante, du même ordre de grandeur

---

([1]) Volta, dans une lettre inédite au professeur Landriani, a relaté cette expérience en 1831.

([2]) *Annalen der Physik*, t. XII, 1881, p. 647.

([3]) *Comptes rendus*, 25 mai 1914.

que les pressions électrostatiques exercées dans nos expériences, le même manchon de caoutchouc mettait environ 20 secondes avant d'atteindre sa limite de déformation; cette limite est reculée lorsqu'il s'agit d'actions électriques. On doit en conclure que, jusqu'à la vingtième seconde, les résidus élastiques mis en jeu par l'action brusque du champ se superposent d'une manière très appréciable aux résidus électriques provenant des anomalies de ce même champ; tandis qu'à partir de la vingtième seconde, on peut attribuer approximativement les déformations résiduelles aux anomalies électriques seules.

De nos observations, il résulte que les déformations sont plus grandes que celles déduites des données mécaniques et électriques de notre échantillon de caoutchouc. En effet, nos mesures nous ont donné :

$\frac{1}{E}$, inverse du modèle de Yung	$3,1 \times 10^{-8}$
σ, coefficient de Poisson	0,5
k, constante diélectrique	2,6
Rayon intérieur du manchon	$1^{cm},426$
Rayon extérieur du manchon	$1^{cm},535$
Longueur armée	32^{cm}

Nous avons obtenu pour Δl, dépression de l'eau dans le capillaire, pour une tension de 1260 volts et, eu égard à la diminution de pression hydrostatique provenant de la dénivellation,

$$\Delta l = 0^{mm},174.$$

Or, l'expérience indique qu'à la cinquième seconde cette dénivellation est de $0^{mm},198$ et, à la cent-vingtième seconde, $0^{mm},262$. Les valeurs observées sont donc bien supérieures à la valeur calculée.

On a toujours invoqué l'échauffement comme cause possible de cet écart, échauffement dû à l'effet Joule pendant la charge; en calculant en effet, d'après des mesures accessoires, nous avons trouvé $3,4 \times 10^{-4}$ degré comme élévation de température pour 2500 volts et pour une durée de charge de 120 secondes; ce qui est négligeable.

Wulner et Wien [1], dans leurs expériences sur le verre, ont expliqué les divergences entre le calcul et leurs observations par une diminution de la constante diélectrique corrélative de la déformation. Cette idée ne s'impose pas, vu que l'induction au travers d'une lame de caoutchouc aug-

---

(1) WULNER et WIEN, *Annalen der Physik*, t. XII, 1902.

mente avec le temps, même si la matière ne subit aucune déformation et qu'il en est de même pour le verre. Il est plus simple d'admettre que la déformation totale est due à l'*induction électrostatique* proportionnelle à chaque instant à une *constante diélectrique apparente*.

Nous avons mesuré ces constantes apparentes, à divers intervalles, par la méthode classique consistant à équilibrer les charges supplémentaires par des charges induites, au moyen d'un condensateur plan à air, dont une armature était commandée par une vis micrométrique.

Nous avons constaté, après M. Malclès (¹), que ces constantes apparentes tendent vers une limite voisine de 4. A l'aide de ces constantes, nous avons calculé les déformations par les équations ordinaires du champ et établi une concordance satisfaisante entre les dénivellations calculées et observées.

Dans le Tableau ci-dessous, sont groupés nos résultats :

Temps.	Constantes apparentes.	Dénivellations calculées.	Dénivellations observées.	Différence en pour 100.
s		mm	mm	
5	»	»	0,198	»
15	3,7	0,247	0,230	7,7
30	3,85	0,257	0,240	7
45	3,98	0,262	0,246	6,1
90	4,02	0,269	0,258	4,2
120	4,035	0,269	0,262	3,6
150	4,05	»	»	»
200	4,05?	»	»	»

Comme on le voit, les dénivellations observées sont toujours inférieures aux dénivellations calculées; ceci s'explique par ce fait que la déformation est toujours en retard sur la cause qui la détermine; mais, vers la 120ᵉ seconde, époque à laquelle on peut considérer la charge comme achevée, l'écart entre l'observation et le calcul est de l'ordre de grandeur des erreurs d'expériences.

En définitive, et sans autre hypothèse, les pressions électrostatiques variables suffisent à rendre compte des faits observés.

(¹) *Comptes rendus*, 23 mai 1910.

OPTIQUE. — *Mesures interférentielles de longueurs d'onde dans la partie ultraviolette du spectre du fer.* Note de M. **Keivin Burns**, présentée par M. Villard.

Les mesures dont je donne les résultats ont été entreprises en vue de prolonger la série des lignes étalons destinées aux déterminations spectroscopiques de précision. Dans toute la partie visible et le commencement de l'ultraviolet, des raies, mesurées par plusieurs observateurs, donnent des repères parfaitement connus; dans l'ultraviolet, au delà de 3370, il n'existe qu'une seule série de mesures (1), et de nouvelles déterminations étaient utiles. De plus, la pratique a montré qu'il était désirable d'accroître le nombre des lignes étalons. Les mesures par interpolation sont, en effet, d'autant plus faciles et plus précises que les raies déjà connues sont plus serrées.

Mes mesures de raies de l'arc au fer entre 2851 et 3701 ont été faites par interférence, en employant un étalon en invar de $3^{mm},75$, à lames de quartz recouvertes d'une couche de nickel par projection cathodique. Pour séparer les interférences dues aux diverses raies, il fallait, dans cette région où les lignes du fer sont très nombreuses, employer un spectroscope assez dispersif et dépourvu d'astigmatisme. L'appareil utilisé était un spectroscope à réseau concave, disposé selon le montage sans astigmatisme (2). Les comparaisons ont été faites directement avec la raie rouge du cadmium, dont les anneaux d'interférence étaient photographiés avant et après les poses relatives au spectre du fer.

Les clichés photographiques ont été obtenus en mai 1913 à la Faculté des Sciences de Marseille; les mesures et les calculs ont été effectués au Bureau of Standards de Washington. Les corrections de changement de phase, déjà mesurées en 1906 sur les mêmes plaques par MM. Buisson et Fabry, ont été déterminées de nouveau à Washington.

La Table suivante donne les longueurs d'onde dans l'air à 15° et 76^{cm} rapportées, pour la raie rouge du cadmium, à la valeur 6438,4696.

(1) Buisson et Fabry, *Journal de Physique*, mars 1908.
(2) Fabry et Buisson, *Journal de Physique*, décembre 1910.

Quelques raies, indiquées dans la Table, sont dues à des impuretés (nickel ou chrome) :

2851,802	3191,664	3383,988	3541,089
2899,422	3199,527	3392,659	3542,080
2918,031	3200,478	3394,588	3545,643
2941,348	3205,401	3396,981	3554,928
2959,998	3215,944	3399,339	3556,878
2987,298	3217,385	3401,523	3558,519
2990,397	3222,072	3402,262	3571,999
2999,518	3225,792	3407,464	Cr... 3578,689
3003,036	3230,972	3413,136	3589,108
3011,487	3233,056	3415,540	Cr... 3593,488
3017,634	3236,227	3417,844	3594,632
3018,989	3239,440	3418,513	3603,207
3024,038	3244,189	3424,289	3606,682
3030,156	3254,367	3427,122	3610,159
3040,435	3257,598	3428,197	3612,081
3045,086	3265,622	3443,882	3617,789
3055,268	3271,005	3445,152	3621,462
3068,180	3280,264	3447,282	3622,004
3075,726	3284,593	3450,332	3623,188
3083,747	3286,760	3458,306	3625,150
3091,582	3290,992	3459,916	3638,298
3098,194	3298,136	3468,850	3640,392
3116,638	3305,977	3476,707	3645,826
3125,665	3306,358	3485,343	3651,469
3129,340	3314,746	3495,292	3659,520
Ni... 3134,115	3323,741	3497,111	3676,312
3151,349	3328,870	3497,847	3683,057
3157,043	3337,670	3506,500	3684,112
3160,660	3347,930	3513,822	3689,457
3175,450	3355,232	3521,266	3695,054
3178,014	Ni... 3369,553	3527,796	3701,082
3180,229	3370,787	3529,819	
3184,900	3380,115	3536,558	

Une vingtaine de ces raies ont été antérieurement mesurées par interférences; l'accord entre ces anciennes mesures et les miennes est très satisfaisant.

GÉOLOGIE. — *Esquisse préliminaire de la géologie de la Côte d'Ivoire.* Note de M. **Henry Hubert.**

Au cours d'une récente mission en Côte d'Ivoire, j'ai pu, avec l'aide d'un préparateur indigène, lever 4000^{km} d'itinéraires géologiques nouveaux, lesquels, venant s'ajouter au 1100 levés précédemment, m'ont permis d'établir une carte géologique au $\frac{1}{1000000}$, dans laquelle les lacunes matérielles, relativement peu importantes, ont pu être en partie comblées par renseignements. J'indiquerai ici très brièvement les principaux résultats obtenus. Les formations observées se répartissent en trois séries.

I. *Schistes cristallins et types éruptifs associés.* — Ces formations sont de beaucoup les plus répandues. Les *orthogneiss* dominent partout largement, sauf dans la partie située à la fois à l'est du Nzi et au sud du 8e parallèle, où ils ne forment que des îlots ou des affleurements limités (entre Zaranou et Assikasso, près d'Alépé, de Byanouan et dans le Sanwi). Les *paragneiss*, étroitement associés aux orthogneiss, mais beaucoup moins répandus, ont été surtout rencontrés vers Bettié. Les *micaschistes*, très rares, ne sont connus qu'en dehors de mes itinéraires (région de Mé et de Grabo).

Les roches de cette série sont fréquemment traversées de filons et de massifs *granitiques*. Parmi ces derniers, le plus important est celui des Dans, constitué en partie par des types à pyroxène et déjà signalé par MM. A. Lacroix et A. Chevalier [1].

II. *Roches sédimentaires métamorphisées et types éruptifs associés.* — Les *schistes micacés*, dont les plans de schistosité sont souvent redressés jusqu'à la verticale, sont les termes les plus anciens de cette série. Leurs plissements, très généralement concordants avec ceux des gneiss, sont orientés NS au nord du 8e parallèle et deviennent progressivement ENE-WSW dans le sud. Cette orientation est également celle des quatre grandes zones ou bandes schisteuses rencontrées : la première occupant presque tout l'est de la colonie à partir du Nzi et au sud du 8e parallèle et se prolongeant au sud jusqu'au pays Dida par Tiassalé, au nord jusqu'au Lobi par Gorowy et étant la continuation vers le sud de la zone schisteuse de l'Yatenga et du

(1) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 18. — A. Chevalier, *La Géographie*, t. XX, p. 210.

Kippirsi (longueur totale supérieure à 1000^{km}); la seconde s'étendant entre Kouadiocoffi et N'Zégo (120^{km}); la troisième irrégulière, suivant le Bandama entre Marabadiassa et le pays de N'Goïs (150^{km}); la quatrième, pour laquelle mes observations ont été largement complétées par celles de l'administrateur des Colonies Ripert, étant le prolongement de la région schisteuse de Bananso (Haut-Sénégal et Niger) sur Siempurgo, Boro et Vaou (longueur totale supérieure à 400^{km}), prolongement sur lequel vient se raccorder une bande curviligne de 120^{km} se dirigeant sur Buonsira et Siouvassou.

Ces zones schisteuses, auxquelles il faut ajouter de nombreuses autres bandes très limitées, sont surtout traversées par des *diabases*, qui forment notamment les vastes coulées d'Ouossou et de Kossindawa (1). Ces roches, très abondantes et parfois transformées en schistes amphiboliques, sont souvent accompagnées, comme au Soudan, de types microlitiques (2) (andésites, microgranites, etc.); en outre, à la périphérie des zones schisteuses où elles sont abondantes, les gneiss normaux sont presque toujours remplacés par des gneiss amphiboliques. Il convient de signaler encore que l'or, très répandu dans la colonie, est toujours localisé dans les schistes micacés, dans les conditions indiquées précédemment (3), et que, par suite, la relation déjà signalée entre le modelé et la présence du métal précieux s'est toujours trouvée confirmée : elle a d'ailleurs permis de reconnaître de nouveaux gîtes dans les régions non encore prospectées.

Les *quartzites à magnétite*, postérieurs aux schistes micacés, sont très abondants à l'ouest de la colonie, à partir de Duékué. Ils sont simplement ondulés, avec plissottements énergiques. Ils sont aussi en relation avec des roches basiques (Logoualé).

Les *brèches métamorphisées* (gros éléments anguleux — de quartz et de diabase surtout — dans un ciment de quartzite) sont également postérieures aux schistes micacés. Elles forment de petites hauteurs entre Assikasso et Bondoukou.

III. *Éocène et actuel.* — Une immense lacune sépare les formations dont il vient d'être question (antérieures aux grès siliceux du Soudan) de celles qui bordent la côte à l'est de Fresco. Celles-ci sont caractérisées : 1° par

(1) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 1007.
(2) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1606.
(3) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1178.

des calcaires identiques à ceux du bas Dahomey (éocènes?) associés à des grès ferrugineux (ces formations sont bitumineuses à Eboïnda); 2° par le cordon littoral (actuel) isolant un important système lagunaire.

Parmi les formations actuelles, il convient de citer la latérite, très abondante dans certaines régions.

L'influence de la grande forêt se traduit notamment: 1° par l'exagération de la décomposition latéritique, l'action de la végétation étant ici beaucoup plus considérable qu'en Guinée (¹); 2° par l'obstacle opposé à l'individualisation de la cuirasse ferrugineuse, qui commence seulement à apparaître dans les premières clairières voisines des régions soudanaises (²); 3° par l'obstacle opposé à l'abrasion sous l'influence du ruissellement en nappe, qui est le procédé d'érosion le plus général dans les pays de savane; il en résulte que le modelé qui s'acquiert, surtout alors par des tassements progressifs, est par suite beaucoup plus doux: la différence est d'ailleurs typique pour les régions dont une partie seulement est recouverte par la forêt.

SISMOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre d'Italie du 13 janvier 1915.* Note de M. B. Galitzine, présentée par M. Bigourdan.

Le grand tremblement de terre du 13 janvier dernier, qui a commis des dégâts affreux dans l'Italie centrale et emporté un nombre immense de victimes, a été enregistré par tous les sismographes de la station sismique de Pulkovo.

Les instruments les plus sensibles, à savoir les sismographes apériodiques à enregistrement galvanométrique, après avoir donné un tracé extrêmement net de la première phase (entre P et S) sont sortis de l'échelle, et seuls, les instruments les moins sensibles, à enregistrement mécanique et sans leviers amplificateurs, ont donné un tracé pour toute la durée du phénomène.

La phase maxima se caractérise par deux groupes de maxima distincts.

(¹) A. Lacroix, *Les latérites de la Guinée française*, p. 348.

(²) En dehors de l'insolation, il y a une condition climatérique à envisager relativement à l'individualisation de la cuirasse. C'est ainsi que celle-ci ne paraît pas pouvoir se former dans les grandes savanes de la région méridionale, où l'humidité de l'air et du sol est exceptionnelle.

Ils ont été tous mesurés, et, au moyen de formules bien connues [1], on a passé au mouvement vrai du sol.

Le plus grand déplacement total (double amplitude) d'une particule de la surface terrestre a atteint à Pulkovo : 1574^{μ} pour la composante NS et 2030^{μ} pour la composante EW, ce qui donne, pour la résultante du déplacement maxima, 2569^{μ}, quantité énorme pour un sisme éloigné.

Les premiers écarts des points lumineux, au début de la première phase P, ont été particulièrement grands (pour la composante NS 43^{mm}), ce qui a permis de déterminer avec une assez haute précision l'azimut α vers l'épicentre par la méthode que j'ai décrite jadis [2].

On a ainsi obtenu

$$\alpha = 37^{\circ}21' \text{SW},$$

Pour donner une idée de la sensibilité des appareils apériodiques installés à Pulkovo, il suffit de dire que le déplacement total de 2030^{μ}, pour la composante EW cité plus haut, aurait dû occasionner pour le sismographe correspondant un déplacement du point lumineux de plus de $1^{m},50$.

Pour les instants des deux phases préliminaires, on a trouvé, en temps moyen de Greenwich :

$$iP : 6^{h}57^{m}19^{s}, \qquad iS : 7^{h}1^{m}6^{s},$$

ce qui donne pour la distance épicentrale

$$\Delta = 2280^{km}.$$

Avec ces deux données α et Δ, on a pu calculer les coordonnées de l'épicentre.

On a obtenu :

$$\varphi_e = 42^{\circ}\ 0' \text{N};$$
$$\lambda_e = 13^{\circ}42' \text{E}.$$

Les télégrammes reçus à Pétrograd ont signalé, comme ayant été les plus éprouvées, les localités d'Avezzano et de Pescina.

Or Avezzano se trouve seulement à 22^{km} et Pescina à 5^{km} de distance de l'épicentre, déterminé au moyen des observations faites à Pulkovo seul. L'accord est donc des plus satisfaisants.

Cet exemple confirme ainsi une fois de plus, ce qui du reste, d'après les

---

(1) Voir par exemple mes *Leçons de Sismométrie*.

(2) *Bull. Acad. Sciences*, Pétrograd, 1909, et *Comptes rendus*, t. 150, 1910.

observations de ces dernières années faites aux stations sismiques russes de premier ordre, ne laissait plus aucun doute, qu'en disposant d'appareils apériodiques très sensibles et convenablement adaptés, il est parfaitement possible, quand la première phase est suffisamment nette, de localiser, par la méthode que j'ai décrite (voir *Comptes rendus*, t. 150, 1910), l'épicentre d'un tremblement de terre au moyen d'observations faites à *une station seule*.

Le dépouillement des sismogrammes a donné les valeurs suivantes pour les périodes T_p et les amplitudes (A_N et A_E) du mouvement vrai du sol, pour les différents maxima du premier groupe d'ondes; A_h désigne l'amplitude et α_h l'azimut de la résultante du déplacement vrai du sol :

Maximum.	Moment t (1).	T_p.	A_N (2).	A_E.	A_h.	α_h.
	h m s	s				
M_1........	7.4.17	22,4	−705μ			
M_2........	19	20,8		+ 826μ	1086μ	50° SE
M_3........	28	20,8	+787			
M_4........	29	18,1		−1015	1284	52 NW
M_5........	37	19,8	−773			
M_6........	38	16,3		+ 964	1236	51 SE

En comparant α_h avec l'azimut α, nous voyons que pour les premiers grands maxima le déplacement d'une particule de la surface terrestre pour les ondes superficielles longues s'effectue presque perpendiculairement à la direction de la propagation de ces ondes.

Ceci confirme le résultat que j'ai obtenu antérieurement en étudiant les sismogrammes de différents autres tremblements de terre (3).

Sur les sismogrammes de Pulkovo, obtenus avec les sismographes apériodiques, on voit nettement se dessiner les maxima des ondes longues, qui sont arrivées à la station d'observation en contournant la Terre, c'est-à-dire en passant par l'antiépicentre.

Les trois premiers maxima M'_1, M'_2 et M'_3 ont été mesurés et mis en parallèle avec les valeurs correspondantes pour les maxima M_1, M_2 et M_3 de la phase principale.

De là on peut déduire, au moyen de formules bien connues (voir mes

(1) Rapporté au mouvement vrai du sol.

(2) Le signe + désigne un déplacement du sol vers le Nord ou l'Est, le signe — vers le Sud ou l'Ouest.

(3) *Étude comparative du mouvement du sol dans la phase principale d'un tremblement de terre* [*C. R. Comm. sismique permanente* (*russe*), t. VII, Livr. I].

Leçons de Sismométrie), la vitesse moyenne de propagation des ondes sismiques longues V et le coefficient correspondant k d'absorption de l'énergie sismique.

Les calculs ont donné les trois valeurs suivantes pour V et k :

	V.	k.	Période moyenne.
	km : s 3,54	0,00038	s 24
	3,54	0,00039	22
	3,46	0,00038	22
Moyenne...	3,51	0,00038	23

Lors du grand tremblement de terre de Messine, le 28 décembre 1908, j'avais trouvé (¹) par la même méthode :

$$V = 3,53 \text{ km : s},$$
$$k = 0,00027.$$

L'accord entre les valeurs de V est des plus satisfaisants.

Quant au coefficient d'absorption k, il est pour ce tremblement de terre sensiblement plus élevé que pour celui de Messine.

En général, il semble que ce coefficient varie d'un sisme à un autre, et il est encore difficile de préciser avec certitude à quoi tient cette variation.

Pour l'angle d'émergence *vrai* des rayons sismiques longitudinaux, on a trouvé 39°,0.

Quant à l'intensité de ce dernier sisme, elle a été, d'après les observations de Pulkovo, de même ordre que celle du tremblement de terre de Messine.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le deuxième trimestre de* 1914. Note (²) de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. B. Baillaud.

La répartition des jours du deuxième trimestre de 1914, suivant l'importance des perturbations enregistrées, et pour lesquelles nous adoptons l'échelle du Bureau central météorologique, a été la suivante :

(¹) *Bull. Acad. Sciences*, Pétrograd, 1909.
(²) Séance du 8 février 1915.

	Avril.	Mai.	Juin.	Total du trimestre.
Jours parfaitement calmes......	4	11	5	20
Perturbations de 1′ à 3′........	17	13	13	43
» de 3′ à 7′........	6	6	5	17
» > 7′............	3	1	3 (1)	7

Il y a eu une perturbation de 28′ le 6 avril et une de 22′ le 1er juin : ce sont les deux plus fortes.

Par rapport aux résultats du trimestre précédent (2), pour lequel les nombres ci-dessus étaient, respectivement : 8, 45, 25 et 12, on remarque que le nombre des jours calmes est deux fois et demie plus élevé, et que les jours d'amplitude supérieure à 7′ sont de moitié moins nombreux.

Il y a donc encore augmentation notoire des jours calmes par rapport au trimestre précédent, avec diminution sensible dans le nombre des fortes perturbations.

CRYPTOGAMIE. — *Sur une Levure marine.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les très nombreuses espèces de Levures déjà décrites ont été trouvées exclusivement dans les matières en fermentation, les substances en décomposition, le sol, l'air, l'eau douce ; sur les fruits, les feuilles, les pattes des insectes, les sécrétions muqueuses des arbres, etc. Aucune d'elles n'a été signalée dans l'eau de mer (3). Aussi me semble-t-il intéressant de donner quelques détails sur une Levure que j'ai rencontrée dans l'eau de mer contenue entre les valves d'une huître portugaise vivante, et qui, sur boîte de Petri, me donna une colonie incluse dans la gélatine, sphérique, blanchâtre d'environ 1mm de diamètre.

Cette colonie, ensemencée dans de l'eau de mer additionnée de peptone, se développa au bout de quelques jours et donna, dans le liquide, une poudre blanche, très dense qui, sans troubler le milieu et sans faire de voile à la surface, se précipita au fond et sur les parois. Cette poudre était constituée par des cellules de Levures arron-

(1) L'enregistrement n'a pas fonctionné les 27, 28, 29, 30 juin.

(2) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1732.

(3) Sous le nom de *Blastoderma salmicolor*, B. Fischer et C. Brebek (*Zur Morph., Biologie und Syst. der Kahmpilze*, Iéna, 1891) ont décrit une soi-disant Levure trouvée dans le plankton, à 35 lieues au sud des Açores. Mais cet organisme « produit de fins prolongements au sommet desquels se développent des conidies réniformes » et, par suite, n'est certainement pas une Levure.

dies, de 2^{μ} à 3^{μ} de diamètre (rarement, 4^{μ}), bourgeonnant en un point de la surface ou aux deux pôles opposés ou, encore, en plusieurs points. Ces levures-filles bourgeonnaient à leur tour et il en résultait de petites familles d'une dizaine d'éléments, tout au plus, et généralement moins. Ces Levures ne m'ont jamais donné de spores et rentrent dans le genre, provisoire, des *Torula* de Turpin; je proposerais pour elles le nom de *Torula marina*, nov. sp.

Ces *Torula* croissent facilement, quoique lentement, dans de l'eau de mer additionnée de glucose ou rendue solide par de la gélatine ou de la gélose. Sur ces derniers, les « colonies géantes », suivant la terminologie de Lindner, sont de petits dômes aplatis de 1^{mm} à 2^{mm} de diamètre, d'un blanc parfait, opaques, confluents plus ou moins entre eux. En piqûre sur gélatine, il y a de petites colonies sphériques tout le long du canal, mais de plus en plus minuscules à mesure qu'on se rapproche de la pointe.

Mis en liquide sucré et salé, le *Torula marina* se contente d'y croître plus ou moins lentement, mais ne donne ni trouble général, ni voile. Il n'y a pas non plus de fermentation *avec production de bulles de gaz*, qu'on le cultive en anaérobie ou en aérobie, et, à cet égard, s'écarte de la plupart des Levures. Il est cependant possible d'y déceler, fait trop négligé dans l'étude des Levures, des indices très nets de fermentation faible en le cultivant sur de la gélose ou de la gélatine à l'eau de mer, additionnée de divers sucres et teintée par du tournesol bleu. Au bout d'une vingtaine de jours, on constate, par le rougissement du tournesol, qu'il y a eu fermentation modérée avec tous les sucres mis en expérience par moi, à savoir le glucose, le lévulose, le galactose, le saccharose, le lactose et le maltose. J'ai constaté aussi qu'il y avait fermentation, faible également, avec la glycérine et la mannite, mais non avec l'amidon, le glycogène, la dextrine (légères traces) et l'inuline.

Il est à noter que le *Torula marina*, quoique manifestement adapté à l'eau de mer, comme je l'ai indiqué ci-dessus, a peut-être une origine dulcaquicole. On peut en effet le cultiver facilement, quoique encore plus lentement, dans de l'eau douce additionnée de peptone ou de glucose, ou, encore, sur de la gélose ou de la gélatine à l'eau douce : elle croît aussi (et cette fois, d'une manière très luxuriante) sur carotte (glaire blanche uniforme) et sur pomme de terre (colonies blanches plus ou moins confluentes). Mais, dans tous ces milieux, il n'y a pas plus de fermentation tumultueuse qu'en eau de mer.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarque sur la nitrification dans les sols tourbeux des environs de Laon.* Note de M. **Coquidé**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Ayant à rechercher les moyens de mettre en valeur agricole les sols tourbeux de Picardie, l'une des questions que j'avais à me poser était celle de la nitrification. On sait en effet que la tourbe contient beaucoup d'azote à l'état organique, il en existe environ 2 pour 100 dans celle de Pierrepont-en-Laonnois sur laquelle j'ai opéré. Cet azote nitrifie-t-il? Dans quelle mesure des engrais azotés salins, des nitrates en particulier, sont-ils vraiment utiles à la végétation?

M. Müntz a montré que la tourbe pouvait servir de support à d'actives nitrières; mais, dans ce cas, elle agit grâce à son rôle physique, en absorbant, en retenant les matières : 1° volatiles, comme l'ammoniaque, qu'on lui incorpore, ou bien 2° très solubles comme les nitrates.

Dans plusieurs fabriques d'engrais, à Chauny notamment, on mêle de la tourbe aux matières salines et fertilisantes; mais elle ne joue guère qu'un rôle d'absorbant; elle apporte en outre un peu de calcaire, elle en contient de 5 à 7 pour 100 de son poids sec, comme j'ai pu le constater, car elle provient des marais de la Souche, c'est-à-dire de la région où j'ai réalisé les expériences dont je vais parler.

Enfin M. Crochetelle, dans le *Bulletin de la Station agronomique de la Somme* (1912-1913), dit avoir obtenu de légères nitrifications artificielles de l'azote de la tourbe des environs d'Amiens analogue à celle de Pierrepont.

J'ai tenu à opérer dans des conditions naturelles. J'ai choisi un terrain absolument inculte et je ne l'ai modifié qu'en y mettant des engrais en couverture; les facteurs physiques ou mécaniques, consistance, aération, eau, etc. n'ayant pas été modifiés, la présence ou l'absence de nitrates pourra donc se manifester par des effets bien nets. Le terrain dont je disposais est en bordure du canal de la Souche, canal dit *de dessèchement*, dont l'eau est, en réalité, sensiblement au même niveau que la plupart des terrains qu'il traverse. Ce terrain, élastique, un peu humide dans l'ensemble, présentant parfois de petites buttes où la tourbe est sèche, émiettée ou même pulvérulente, est presque partout extrêmement compact et n'est guère aéré, il se rapproche à ce point de vue des sols pélitiques, définis par Thurmann.

Comme végétation naturelle, une grande abondance de Carex (*C. acuta*, *C. cæspitosa*, *C. disticha*, *C. panicea*, *C. paniculata*, *C. stricta*, etc.) et de

Joncs (*Juncus obtusiflorus*, *J. conglomeratus*, *J. effusus*, etc.) et toute la flore habituelle des terrains humides, accompagnée de plantes qui recherchent moins l'humidité.

Cette végétation spontanée a été incendiée par temps sec au cours de l'hiver 1913-1914.

Dans la deuxième quinzaine de février, à l'approche du printemps, le terrain a été divisé en parcelles qui ont reçu chacune les engrais suivants : chlorure de potassium (200^{kg} à l'hectare), kaïnite (300^{kg}), nitrate de soude (300^{kg}), scories de déphosphoration (3000^{kg}), ces engrais étant isolés, groupés par deux ou par trois.

Voici les résultats que j'ai obtenus le 22 juillet :

1° Par comparaison avec les parcelles témoins, tous les engrais, même isolés, ont influé sur la végétation. Les caractères présentés par la majorité des végétaux sont les suivants : les engrais potassiques ont eu surtout pour effet de retarder la végétation; beaucoup de plantes venues dans les parcelles qui en ont reçu présentaient des feuilles plus larges que celles des autres parcelles. Les scories ont paru atteindre particulièrement les *Carex*, avancer l'ensemble de la végétation et donner plus de rigidité aux plantes qui étaient couchées les unes sur les autres partout où cet engrais faisait défaut; de bonnes espèces de prairies, rares ailleurs, ont pris de l'extension dans ces parcelles ayant reçu des scories : *Avena elatior*, *A. pubescens*, *A. flavescens*, *Holcus mollis*, *Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratensis*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, associés à *Lathyrus pratensis* et à *Lotus uliginosus* (var. *L. glaber* Coss. et Germ.), etc. Les nitrates enfin ont favorisé la croissance, la taille des végétaux et donné aux parties foliacées une teinte d'un vert sombre.

2° Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, les meilleurs résultats ont été obtenus là où il y a eu le mélange des trois catégories d'engrais; mais, partout où manquait le nitrate, les plantes n'avaient pas un aspect satisfaisant; elles étaient tardives ou précoces, droites ou couchées, d'un vert clair ou pâle, pas très fournies en fleurs; certaines s'abritaient sous des herbes plus hautes, sous les *Carex;* les feuilles composées pennées avaient peu de folioles (*Spiræa*, etc.).

Donc chaque engrais a manifesté isolément son action et en particulier le nitrate; même dans les mélanges d'où les nitrates sont exclus, la végétation est nettement inférieure à ce qu'elle est là où ils existent. Le nitrate a donc joué un rôle très important, puisque l'association des deux autres

catégories n'amène que des résultats incomplets. Avec les trois sortes d'engrais, on a abondance de bonnes espèces et en particulier le *Lotus uliginosus*, très développé et dont les racines présentent des tubercules du reste petits. Notons qu'aucune graine n'a été semée et concluons que, si le nitrate a si nettement manifesté ses effets, c'est donc que les plantes n'en trouvent pas ou guère dans le sol vierge. Il n'y a donc pas de nitrification ou alors celle-ci est peu active. Maintenant, quelles sont les conditions qui déterminent ce résultat? C'est là une autre question que je me propose de reprendre dès qu'il sera possible. En tous cas, les nitrates ayant agi aussi manifestement, il ne semble pas qu'il y ait eu dénitrification.

ÉLECTRICITÉ MÉDICALE. — *La mobilisation dans les tissus des projectiles magnétiques, par des séances répétées d'électromagnétisme.* Note [1] de M. J. **Bergonié**, présentée par M. d'Arsonval.

Malgré les publications déjà parues, il semble qu'il reste encore beaucoup à faire pour utiliser rationnellement l'électro-aimant en chirurgie de guerre. Les essais faits dans un hôpital de l'armée, depuis tout à fait le début des hostilités, m'a conduit aux conclusions suivantes :

Tout d'abord, il est nécessaire d'avoir un électro-aimant aussi puissant que possible, le poids de l'électro ne devant jamais être un obstacle. Plusieurs modèles ont été essayés. Le dernier, du poids de 40^{kg}, construit par la Maison Gaiffe, possède une âme magnétique en acier spécial, de 60^{mm} de diamètre et une bobine magnétisante rapprochée de l'extrémité utile, absorbant 3,5 ampères sur 110 volts. Les mesures qui ont pu être faites à l'hôpital pour évaluer pratiquement sa force attractive ont été faites avec un fragment d'obus de 10^{g}, de forme à peu près cubique, reposant sur l'une de ses faces. Ce fragment était attiré par l'électro, sur une lame de verre bien horizontale et parallèlement à son plan, à une distance de 10^{cm}.

Avec cet appareil, de nombreux essais ont été faits. Je citerai seulement les suivants, qui sont les plus convaincants :

Cas I. — Le capitaine L., du 109e, reçoit, le 9 septembre, un éclat d'obus. Le projectile se loge très profondément, au voisinage des vaisseaux cruraux. La plaie se ferme, sans qu'on ait cherché à faire l'extraction, dans un hôpital insuffisamment

(1) Séance du 8 février 1915.

outillé, tant au point de vue radiographique qu'au point de vue chirurgical. Entré à l'hôpital n° 4, à Bordeaux, on localise le projectile par la radiographie, mais à cause de sa situation dangereuse pour l'extraction chirurgicale, on essaie de l'attirer à la peau au moyen de l'électro-aimant. Un premier essai ne donne aucun résultat, aucun gonflement de la surface cutanée, aucune sensation interne de piqûre ou de pression. On recommence le lendemain, sans résultat plus favorable, et sans se décourager pendant 3 jours, faisant durer les séances 10 à 15 minutes, avec fermeture et ouverture du circuit magnétisant. A la cinquième séance, on commence à apercevoir un très léger gonflement des tissus. A la sixième séance, le gonflement, au moment où l'on rétablit le courant dans l'électro, est visible par tous les assistants. A partir de ce moment-là, plus on répète les attractions successives avec rupture du courant, plus la perception du corps étranger devient nette. A chaque séance, il y a un gain notable dans les mouvements constatés du projectile vérifié par la radiographie (dont ci-joint une épreuve). Au bout de huit séances, la tuméfaction passagère de la peau, provoquée par l'attraction magnétique, avait $1^{cm},5$ de hauteur, au minimum, et s'étendait sous la forme d'un ellipsoïde de 10^{cm} de longueur sur 5^{cm} ou 6^{cm} suivant le petit axe. Arrivé à ce résultat, on nota, avec un crayon dermographique fin, le point de saillie maxima et les deux axes de l'ellipsoïde et, avec une incision de 4^{cm} de longueur conduisant sur les fibres musculaires du vaste interne, à $2^{cm},5$ de profondeur environ, on tomba immédiatement sur le corps étranger, qui fut immédiatement enlevé à la pince.

Cas II. — La seconde observation a trait au sergent Y. ayant reçu, au-dessus du coude, un projectile de forme très compliquée, décelé par la radiographie. Malgré un repérage précis sur le bras un peu œdématié, le chirurgien ne put arriver à trouver le projectile et l'incision fut refermée. Alors on procéda avec le sergent Y. comme on l'avait fait avec le capitaine L. Les premières séances d'électromagnétisme ne donnèrent pas de résultats sensibles, mais peu à peu la tuméfaction formée par la poussée du corps magnétique attiré devint manifeste, s'augmenta progressivement, de manière qu'à la dix-huitième séance la saillie était celle représentée par la radiographie : un bon centimètre au moins, avec une tuméfaction en forme de segment de sphère, comme pour le cas précédent. Le point optimum fut recherché avec une pièce polaire à pointe aiguë, marqué sur la peau, et une incision très petite à la cocaïne permit d'extraire une chemise de balle allemande, dont on peut voir la forme compliquée sur la radiographie jointe.

Cas III. — Dans un troisième cas, il s'agit du soldat colonial L., blessé le 22 août. Diagnostic : fracture de l'extrémité inférieure de l'humérus avec éclats métalliques, dont le plus volumineux, localisé par la radiographie, est assez profond. Essais d'extraction dès le 31 décembre, qui ne donnent d'abord aucun résultat. La radioscopie ne permet de voir aucun déplacement du corps étranger, lorsqu'on interrompt ou qu'on rétablit le circuit magnétisant. Malgré cela, on continue les applications avec ruptures et fermetures alternées, et cela pendant 22 séances, jusqu'au 24 janvier Un nouvel examen radiographique et radioscopique montre alors que les déplacements du corps métallique, au moment des ruptures et des fermetures, ont considéra-

blement augmenté d'amplitude (voir les radiographies jointes). Un repérage est fait comme précédemment, l'opération est pratiquée le 25 et un morceau de fonte de 6g est extrait très facilement.

D'autres cas, tout aussi favorables, pourraient illustrer cette méthode, dont les principes à retenir sont les suivants :

1° Il ne faut pas se décourager lorsqu'on n'observe aucune action de l'électro-aimant sur des projectiles reconnus magnétiques;

2° La mobilisation du projectile magnétique par des séances répétées d'électromagnétisme, avec fermeture et rupture du circuit, est un fait constant;

3° La mobilisation du projectile par l'électro-aimant en rend l'extraction simple, facile et sûre.

CHIRURGIE. — *Traitement des hydarthroses et des hémarthroses par la compression pneumatique intra-articulaire au moyen de l'oxygène.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. Roux.

Nombre de soldats souffrent actuellement d'épanchements articulaires, hématiques ou synovitiques, l'articulation le plus souvent frappée étant celle du genou. Les blessés nous apprennent que cet accident leur est survenu à la suite de longues marches, ou d'attaques faites en rampant suivies du sommeil dans l'herbe humide, les feuilles mortes ou la boue des tranchées glacées. Ces malades sont pour longtemps hors de combat et ils encombrent les formations sanitaires : leur guérison est précaire et les rechutes très fréquentes.

J'ai pensé rendre service à la cause nationale en publiant une série de succès rapides que je viens d'obtenir par un procédé nouveau : ce procédé consiste à comprimer progressivement de l'oxygène dans l'articulation malade après en avoir évacué l'épanchement par une ponction capillaire.

Voici comment je procède : en un point situé à 2^{cm} en haut et en dehors de l'angle supéro-externe de la rotule, je ponctionne l'articulation avec une aiguille spéciale et, par une compression externe douce, j'évacue autant de liquide que possible. Sans retirer l'aiguille, j'insuffle de l'oxygène à la vitesse de 70^{cm^3} à la minute jusqu'à ce que la pression du gaz contenu dans la synoviale atteigne 70^{cm} (comptés en centimètres d'eau). Cette *pression pneumatique intra-articulaire*, exerçant sa puissance dans les moindres replis

de l'articulation, permet d'en évacuer tout le liquide résiduel, pourvu qu'on maintienne la pointe de l'aiguille dans la partie la plus déclive. Enfin, la cavité étant asséchée ainsi, j'y insuffle de l'oxygène une seconde fois et je retire vivement l'aiguille, laissant l'articulation gonflée. L'opération tout entière dure en moyenne 10 minutes.

La vitesse de 70^{cm^3} à la minute est une vitesse moyenne, assez lente pour qu'on puisse surveiller aisément les progrès de la compression, et assez rapide pour gonfler un genou en 2 minutes. Quant à la pression terminale de 70^{cm}, il ne convient pas de la dépasser, car elle est la plus élevée que l'oxygène puisse conserver dans la synoviale sans s'en échapper.

Pour la ponction j'emploie mon *aiguille intraveineuse à obturation facultative*, et, pour distribuer et doser l'oxygène, je me sers de mon *oxygénateur de précision*.

En résumé, ce procédé comprend trois temps : 1° ponction de la synoviale; 2° insufflation gazeuse évacuatrice; 3° insufflation compressive terminale.

Il est caractérisé par deux éléments essentiels : 1° la compression intra-articulaire par un gaz; 2° le choix de l'oxygène comme gaz compresseur. J'ai observé que l'effet thérapeutique de l'oxygène n'acquiert toute sa puissance que s'il possède une tension suffisante dans la synoviale : or, sa résorption totale dans un genou demande 4 ou 5 jours; c'est pourquoi je répète les insufflations tous les 2 jours, avant que la tension ait trop diminuée. Je la ramène à 70^{cm}, pression optima, comme je l'ai dit. Quatre ou cinq insufflations m'ont toujours suffi pour obtenir la guérison.

Les suites de chaque séance sont des plus simples : aucune douleur, aucune réaction fébrile. Je laisse le malade au repos, sans pansement, la jambe simplement étendue. Enfin, lorsqu'une ponction a été sèche, je pratique une dernière insufflation, pour parfaire le résultat.

Voici mes observations : je les ai recueillies à l'Hôpital militaire temporaire du Parc impérial de Nice, qui est consacré à la Physiothérapie.

Observation I. — *Hémarthrose postsynovitique, guérison en 4 jours.*

Fleu..., artilleur. Le 9 septembre 1914, contusion du genou par éclat d'obus : épanchement énorme. Soins classiques pendant 3 mois, sans résultat définitif. Essayant de marcher le 8 décembre, fait un faux pas et tombe : vive douleur, syncope, grosse hémarthrose instantanée. Compression insupportable; fièvre et insomnie. Le 9 décembre, première ponction : 107^{cm^3} de sang noirâtre, fluide, hémolysé; insufflation d'oxygène : cessation immédiate de la douleur. Le 11 décembre, deuxième ponction : 16^{cm^3} de sang *rouge clair, coagulable;* insufflation. Le 13 décembre, troisième ponc-

tion : *aucun liquide;* insufflation de précaution. Huit jours après, le malade marche. Le 9 février 1915 (2 mois après la première insufflation compressive d'oxygène), la guérison persiste.

Observation II. — *Hydarthrose aiguë, ayant duré 4 mois, guérison en une semaine.*

Maurice D..., soldat au 66e d'infanterie. En août, marches forcées, nuits dans l'herbe. Hydarthrose aiguë, considérable. Jusqu'au 14 décembre, à Nancy, à Dijon, à Nice, tous les traitements classiques, même le salicylate à l'intérieur. Devient très anémié, sans pouvoir se lever. Épanchement persistant. Enfin, le 14 décembre, première ponction : 62^{cm^3} de synovie. Insufflation d'oxygène. Le 16 décembre, deuxième ponction : 3^{cm^3} de liquide; insufflation. Le 18 décembre, troisième ponction : pas de liquide; insufflation. Le 21 décembre, ponction sèche. Le 9 février 1915, la guérison persiste.

Observation III. — *Hydarthrose datant de 2 mois. Guérison en 10 jours.*

J..., sergent-major au 13e d'infanterie. Le 12 octobre, après 4 jours de marches forcées, hydarthrose aiguë. Impotence absolue. Jusqu'au 13 décembre, tous les traitements échouent : la moindre marche donne une poussée nouvelle. Le 14 décembre 1914, première ponction : 74^{cm^3} de liquide louche ; insufflation. Le 17 décembre, deuxième ponction : 9^{cm^3} de liquide opalescent; insufflation. Le 28 décembre, ponction sèche. Le 10 janvier 1915, le malade fait plusieurs kilomètres sans fatigue. Le 2 février, quitte l'hôpital en excellente santé.

Observation IV. — *Poussée aiguë sur une hydarthrose chronique datant de 12 ans. Guérison en 13 jours.*

Bar..., soldat au 304e d'infanterie. Fut soigné à Paris, en 1902, pour hydarthrose, et resta dans un hôpital *pendant* 5 *mois*. En 1911, rechute et séjour au lit, dans un autre hôpital *pendant une année*. Le 25 septembre 1914, dans les tranchées, près de Verdun, crise aiguë. Vient à Nice le 11 novembre après des traitements inutiles. Le 15 décembre, ponction : 32^{cm^3} de liquide clair, filant, visqueux ; insufflation. Le 19 décembre, troisième ponction : 50^{cm^3} *de liquide* (l'exsudat a donc augmenté) ; insufflation. Le 21 décembre, ponction presque sèche ; insufflation. Le 28 décembre, aucun liquide. Le 8 février 1915, la guérison persiste.

Observation V. — *Hydarthrose double suraiguë, guérie rapidement par l'insufflation d'oxygène sans autre traitement.*

Gir..., soldat au 112e d'infanterie. Arrive à Nice le 25 décembre 1914. Malade depuis 6 semaines de douleurs des genoux. Le 19 décembre, crise aiguë dans les tranchées sans pouvoir être évacué. Le 20 au soir, on le transporte, sur un brancard, à travers une forêt, jusqu'à l'église d'Esnes, dans laquelle il passe la nuit. Le lendemain, est emmené en auto à Verdun, puis vient à Nice. A l'arrivée, son genou droit est distendu et très douloureux : insomnie et agitation.

Le 26 décembre, la jambe est fléchie sur la cuisse et le malade se plaint beaucoup.

Première ponction : 86^{cm^3} de synovie limpide; insufflation. Cessation immédiate de la souffrance. Le 28 décembre, deuxième ponction : $1^{cm^3},5$ de liquide; insufflation.

Le 30 décembre, le genou gauche a enflé depuis 24 heures et est très douloureux à son tour. Première ponction : 106^{cm^3} de synovie; insufflation. Cessation de la douleur. On ne ponctionne pas le genou droit.

Le 6 janvier 1915, le genou droit, laissé sans oxygène depuis la deuxième insufflation, qui remonte à 9 jours, a enflé de nouveau. Ponction : 18^{cm^3} de liquide; insufflation. Dans le genou gauche, on trouve 38^{cm^3}; insufflation.

Le 13 janvier 1915, les deux genoux sont restés vides.

Le 4 février, la guérison se maintient.

A ces cinq cas, je pourrais en joindre quatre autres, insufflés depuis quelques jours, et qui confirment mes remarques précédentes.

Je crois donc pouvoir conclure que : *la compression méthodique intra-articulaire d'oxygène* jouit d'une efficacité exceptionnelle dans le traitement des hydarthroses et des hémarthroses. Il va de soi que ce procédé serait applicable à d'autres articulations qu'à celle du genou.

BIOLOGIE. — *Transformation expérimentale des caractères sexuels secondaires chez les Gallinacés.* Note de M. **A. Pézard**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une Note publiée le 16 février 1914 [1], nous avons établi que, chez les poules ovariotomisées, les ergots croissent comme chez les coqs, et nous avons conclu, chez les poules normales, à une action empêchante de l'ovaire. Sur les animaux conservés à la Station physiologique du Collège de France, nous avons pu, du mois de février au 1er août 1914, compléter nos observations en ce qui concerne la *croissance des ergots* et, en outre, observer quelques faits nouveaux relativement au *plumage*.

I. *Croissance des ergots.* — Par des mensurations précises, effectuées à intervalles réguliers, nous avons pu constater que la croissance des ergots est identique chez les poules ovariotomisées et chez les coqs :

1° Elle est *continue et régulière;*

2° *La vitesse de croissance est la même* dans les deux cas, soit $1^{mm},6$ par mois environ, ou 2^{cm} par an.

---

(1) *Développement expérimental des ergots et croissance de la crête chez les femelles des Gallinacés* (*Comptes rendus*, t. 158, p. 513).

Voici quelques chiffres à ce sujet :

Cinq poules, nées en mai 1913; *les trois premières sont ovariotomisées complètement; la quatrième est conservée comme témoin; la cinquième est ovariotomisée partiellement.*

	Longueur des ergots.					
Nos.	Mai 1913.	Novembre 1913.	Février 1914.	Mai 1914.	Août 1914.	Novembre 1914.
1. Ovariotomie le 1er juillet 1913..	0	—(1) 3mm	8mm	Observations non continuées		
2. » le 9 décembre 1913.	0	0	— 5	9mm	14mm	23mm
3. » le 9 janvier 1914..	0	0	— 3	7	13	23
4. Témoin....................	0	0	0	0	0	0
5. Ovariotomie partielle le 1er juillet 1914..................	0	0	0	0	0	0

A vrai dire, nous avons pu constater, soit dans certains élevages, soit à l'Exposition d'Aviculture, à Paris, la présence d'un petit nombre de poules à ergots, et ce fait tendrait à infirmer nos conclusions relatives à l'action empêchante de l'ovaire, ou à en restreindre la généralité. En réalité, il s'agissait, dans tous les cas, de poules très mauvaises pondeuses, si bien que la présence des ergots, chez les poules, est considérée, par les éleveurs, comme un vice rédhibitoire. Nous attribuons cette anomalie à une insuffisance ou mieux à des arrêts momentanés de la fonction ovarienne et dont le témoignage indiscutable est fourni par la pauvreté de la ponte.

II. *Modifications du plumage.* — Rappelons tout d'abord qu'au moment de la puberté le plumage des coqs évolue rapidement et prend des caractères nouveaux qui permettent de le distinguer facilement de celui des poules : le cou et la région dorso-lombaire se recouvrent de plumes minces, souples, effilées et brillantes, formant le *camail* (cou) ou les *lancettes* (dos); en même temps, apparaissent, sur le croupion, des plumes qui s'allongent démesurément et se recourbent en formant une queue élégante : ce sont les *faucilles.*

Camail, lancettes et faucilles n'existent pas chez les poules normales; par contre, tous ces caractères se sont développés chez nos sujets ovariotomisés et postérieurement à l'opération.

N° 1. *Ovariotomie le 1er juillet* 1913. — En octobre, le camail se développe; puis des lancettes. Quelques faucilles apparaissent également, mais assez courtes et peu effilées. L'animal est sacrifié le 29 janvier 1914.

N° 2. *Ovariotomie le* 9 *décembre* 1913. — Jusqu'en février 1914, l'animal conserve un plumage de poule. En février, une transformation rapide se produit et nous voyons pousser un camail, des lancettes et des faucilles bien caractéristiques. En avril, l'animal a l'aspect d'un coq, à la crête près (voir la figure ci-après).

(1) Le trait plein indique le moment de l'ovariotomie.

N° 3. *Ovariotomie le 9 janvier 1914.* — En mars, l'animal subit une évolution comparable à la précédente et, en avril, il acquiert définitivement l'aspect d'un coq à crête petite.

N° 4. *Témoin.* — L'animal conserve le plumage de la poule.



Photographie (juillet 1914) de la poule n° 2. Plumage et ergots de coq.

N° 5. *Ovariotomie partielle.* — L'animal conserve le plumage de la poule.

En novembre 1914, les animaux n°s 2 et 3 présentaient encore l'aspect caractéristique des coqs.

Conclusions. — Nous sommes donc amené à diviser en deux catégories les caractères sexuels secondaires du coq, suivant la cause qui les détermine. Les uns sont *conditionnés par une sécrétion interne testiculaire :* développement et turgescence de la crête, chant; *les autres échappent à cette action :* plumage, ergots. En réalité, ceux-ci ne sont pas, à proprement parler, des caractères mâles; les femelles les possèdent à l'état potentiel et, s'ils ne s'y développent pas à la puberté, cela tient à l'*action empêchante de l'ovaire.*

Il est à remarquer, d'ailleurs, que le chapon et la poule ovariotomisée se ressemblent tellement que, dans nos élevages, il est impossible, à une personne non prévenue, de reconnaître le sexe originel d'un castrat. Ce fait nous conduit à admettre, pour les Gallinacés, l'hypothèse déjà émise d'une *forme neutre*, asexuée, de laquelle dériverait, soit par addition, soit par soustraction de caractères, la forme sexuée définitive, mâle ou femelle. Cette modification, soumise à l'action positive ou négative des glandes génitales, se produit toujours intégralement et il semble que le *caractère sexuel secondaire ne puisse se fractionner*.

D'un point de vue plus particulier, ces expériences sur les Gallinacés permettent d'interpréter, sans faire appel à l'intervention d'autres glandes (surrénale et thyroïde), *la masculinisation de certaines femelles ;* ce phénomène est dû à une insuffisance ovarienne; il n'est pas permis d'en douter si l'autopsie montre une altération ou une dégénérescence des ovaires.

BACTÉRIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des états typhoïdes*. Note (1) de MM. A. Sartory, L. Spillmann et Ph. Lasseur, présentée par M. Guignard.

Au cours de l'épidémie de fièvre typhoïde que nous avons eu l'occasion d'étudier depuis la fin de septembre, nous avons constaté que, sur 300 malades vaccinés contre la fièvre typhoïde avec le vaccin de Vincent, 200 d'entre eux ont fourni des hémocultures. Quelques-uns avaient reçu les quatre injections réglementaires; d'autres, au contraire, n'avaient reçu qu'une, deux ou trois injections. Ces malades ont toujours présenté des signes cliniques de fièvre typhoïde, mais la maladie s'atténuait très rapidement et les accidents disparaissaient au bout de 10 à 15 jours. Dans de nombreux cas, les taches rosées ont paru faire défaut. Chez quelques malades n'ayant reçu qu'une injection, l'infection a semblé revêtir le type d'une fièvre typhoïde d'intensité moyenne, d'une durée de 20 à 22 jours.

Chez ces 200 malades, les hémocultures ont eté effectuées avec la technique suivante :

1° Nous prélevions aseptiquement, par ponction d'une veine du pli du coude, 2^{cm^3} à 4^{cm^3} de sang, que nous ensemencions immédiatement dans 20^{cm^3} de bile glycérinée homogénéisée par agitation.

---

(1) Séance du 8 février 1915.

2° Ce mélange était placé à l'étuve à + 37° C. et, au bout de 12 heures, nous agitions le milieu.

3° Après 24 heures, nous ensemencions largement avec une pipette préalablement stérilisée (environ 10^{cm^3} du mélange précédent) dans 250^{cm^3} d'une solution de peptone à 2g,50 pour 100 et glycérinée à 5 pour 100. Les cultures étaient placées à l'étuve à + 37° C. Dans le cas où, après 24 heures, il ne se produisait aucun trouble, on agitait le milieu et l'on continuait l'examen bactériologique du liquide nutritif pendant un temps variant entre 4 et 5 jours. Après l'apparition du trouble du bouillon, nous examinions au microscope en ayant soin de noter les bactéries ne prenant pas le Gram.

4° Cette constatation faite, nous ensemencions le produit de ces cultures sur gélose lactosée tournesolée.

5° Nous procédions à l'isolement des bactéries par la méthode des plaques. On différenciait ensuite les diverses espèces par ensemencement sur peptone, sur bouillon au rouge neutre glucosé, sur milieux Grimbert lévulosé, maltosé, lactosé, saccharosé, sur lait, pomme de terre glycérinée et artichaut.

Les bacilles d'Eberth légitimes étaient identifiés par l'agglutination, et nous rejetions, comme n'étant pas de véritables bacilles d'Eberth, les formes qui, après plusieurs passages successifs sur bouillon, restaient inagglutinables par les sérums spécifiques.

Cette méthode, d'ailleurs connue dans son ensemble, nous a donné d'excellents résultats pour la recherche des formes éberthiennes et paraéberthiennes. Après d'autres auteurs, nous tenons : 1° à confirmer l'action favorisante de la glycérine sur le développement de ces microorganismes; 2° à montrer que, d'après nos recherches, seule l'hémoculture est susceptible de nous donner des renseignements précis sur la nature de ces infections, le séro-diagnostic ne pouvant pas être utilisé pour légitimer l'existence de la dothiénenthérie chez des individus vaccinés.

En opérant ainsi, nous avons pu remarquer que, chez les malades présentant l'état typhoïde signalé plus haut, la culture du sang mettait en évidence, suivant les cas :

1° du bacille d'Eberth légitime;

2° des paratyphiques divers;

3° un mélange de bacille d'Eberth et de paratyphiques;

4° des associations de bacille d'Eberth et de *Proteus vulgaris* (fait déjà signalé par Vincent);

5° des associations de bacille d'Eberth avec un microorganisme dont les éléments ronds sont le plus souvent groupés deux par deux (diplocoque);

6° ce microorganisme seul.

Nous poursuivons, à l'heure actuelle, l'étude de ce germe microbien que nous avons retrouvé maintes fois avec tous ses caractères culturaux et bio-

logiques dans certaines eaux employées pour l'alimentation des troupes qui nous fournissaient les malades faisant l'objet de cette Note.

En résumé, nous pouvons conclure des faits observés par nous que si, le plus souvent, la fièvre typhoïde a pour origine causale le bacille d'Eberth, il est vraisemblable que le pouvoir pathogène de cet organisme peut être exalté par la présence d'autres éléments microbiens, tels que le *Proteus vulgaris*, le microcoque décelé par nous ou, peut-être, d'autres espèces pathogènes encore insoupçonnées.

Il est possible également que la guerre de tranchées nous fasse connaître une infection nouvelle à type clinique voisin de la fièvre éberthienne. La présence constante et unique, dans le sang de certains malades, du micro-organisme cité plus haut, peut nous laisser supposer qu'il joue un rôle déterminant dans la genèse de ces états typhoïdes.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 1er février 1915 (*suite*).

University of California, Berkeley (*suite*) :

— Publications in Zoology, Vol. XI, n° 12 : *The Structure of the Ocelli of Polyorchis penicillata*, by Etta Viola Little, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 13 : *Modifications and adaptations to function in the feathers of circus Hudsonius*, by Asa C. Chandler, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 14 : *A determination of the economic status of the western meadowlark (Sturnella neglecta) in California*, by Harold Child Bryant, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 15 : *Parasynaptic stages in the testis of Aneides lugubris (Hallowell)*, by Harri James Snook and J. A. Long, 1914; 1 fasc. in-8°. — Vol. XII, n° 4 ;

An Account of the mammals and birds of the lower Colorado valley, by JOSEPH GRINNELL, 1914; 1 fasc. in-8°; — n°s 5 and 6 : *Aplodontia chryseola, a new mountain beaver from the trinity region of northern California*, by LOUISE KELLOGG ; — *A previously undescribed Aplodontia from the middle north coast of California*, by WALTER P. TAYLOR, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 7 : *A second species of the Mammalian genus microdipodops from California*, by JOSEPH GRINNELL, 1914; 1 fasc. in-8°. — Vol. XIII, n° 1 : *The Schizopoda of the San Diego region*, by CALVIN O. ESTERLY, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 2 : *A study of the occurrence and manner of distribution of the ctenophora of the San Diego region*, by CALVIN O. ESTERLY, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 3 : *A new self-regulating paraffin bath*, by C. W. WOODWORTH, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 4 : *Diplodinium ecaudatum with an account of its neuromotor apparatus*, by ROBERT G. SHARP, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 5 : *The vertical distribution and movements of the Schizopoda of the San Diego region*, by CALVIN O. ESTERLY, 1914; 1 fasc. in-8°.

— Publications in Geology, Vol. VIII, n° 3 : *Teeth of a cestrationt shark from the upper triassic of northern California*, by HAROLD C. BRYANT, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 4 : *Bird remains from the pleistocene of San Pedro, California*, by LOYE HOLMES MILLER, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 5 : *Tertiary echinoids of the Carrizo Creek region in the Colorado desert*, by WILLIAM S. W. KEW, 1914; 1 fasc. in-8°.

— Publications in Geography, Vol. I, n° 3 : *Physiographically unfinished entrances to San Francisco Bay*, by RULIFF S. HOLWAY, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 4 : *The Rainfall of California*, by ALEXANDER MCADIE, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 5 : *Twenty-five year synopsis of the meteorological observations made at Berkeley from July* 1, 1887, *to June* 30, 1912, by ARMIN O. LEUSCHNER, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 6 : *Report of the meteorological station at Berkeley, California, for the year ending June* 30, 1913, by WILLIAM GARDNER REED, 1914; 1 fasc. in-8°.

— Publications in American Archæology and Ethnology, Vol. X, n° 6 : *Notes on the Chilula Indians of northwestern California*, by PLINY EARLE GODDARD, 1914; 1 fasc. in-8°. — Vol. XI, n° 2 : *Phonetic elements of the Diegueño language*, by A. L. KROEBER and J. P. HARRINGTON, 1914; 1 fasc. in-8°.

— Publications in Psychology, Vol. I, n° 3 : *The Judgment of very weak sensory stimuli*, by WARNER BROWN, 1914; 1 fasc. in-8°; — n° 4 : *Habit interference in sorting eards*, by WARNER BROWN, 1914; 1 fasc. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 FÉVRIER 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La mort, qui fauche notre jeunesse sur les champs de bataille, n'interrompt pas, pour cela, son œuvre coutumière. Elle vient de frapper un de nos Confrères les plus estimés et les plus aimés, Émile-Hilaire Amagat, dans sa soixante-quinzième année. Il est mort dans sa propriété de Saint-Satur, dans le Cher où il résidait habituellement et où nos Confrères Bouty et Branly sont allés, au nom de la Section de Physique, lui rendre les derniers devoirs.

Émile Amagat était, dans toute l'acception du mot, le fils de ses œuvres. Ne sortant d'aucune de nos grandes écoles d'enseignement supérieur, il était parvenu, travaillant seul, à l'agrégation des Sciences physiques et avait obtenu une Chaire à l'École Normale supérieure d'enseignement professionnel que Victor Duruy avait fondée à Cluny et qui a eu ses heures d'éclat. C'est là qu'il a commencé, en 1867, les travaux qui l'ont conduit à l'Académie des Sciences et qui, depuis cette date, toujours dirigés dans le même sens, n'ont jamais été interrompus. L'état physique des corps, leur volume se modifient sous la double influence de la température et de la pression. C'est à l'étude de leurs modifications, quand ces conditions varient, qu'Amagat a consacré près de cinquante ans de sa vie.

Tout le monde connaît la loi de Mariotte qu'on peut exprimer en disant

que le produit PV du volume d'un gaz par la pression qu'il supporte est, à une température donnée, une quantité constante. L'élégante simplicité de cette loi la fit longtemps considérer comme l'expression d'une vérité incontestée. Les expériences d'Œrstedt et de Swendsen, de Despretz, de Pouillet avaient cependant montré que les gaz autres que l'air s'en écartent sensiblement; mais, sur la foi des expériences de Dulong et Arago, on continuait à l'admettre, au moins pour l'air. Les expériences plus précises de Regnault montrèrent que l'air lui-même se comprime plus qu'elle ne l'indique et l'hydrogène moins, comme l'avait vu Despretz, et comme l'avait confirmé pour les hautes pressions notre regretté Confrère Cailletet. C'était, par conséquent, une étude à reprendre, et il pouvait en résulter d'importantes conclusions quant à l'état physique et à la théorie générale des gaz et quant aux rapports de l'état solide, de l'état liquide et de l'état gazeux.

On a pu dire qu'il était fort heureux que, du temps de Mariotte, on ne sût pas faire des mesures rigoureuses, comme celles de Regnault, car cette précision aurait masqué aux physiciens une loi simple, vraie seulement dans certaines conditions, caractérisant l'état gazeux parfait, mais d'une approximation suffisante dans la pratique. Le grand mérite d'Amagat est d'avoir non seulement constaté et mesuré exactement les écarts que les différents gaz présentaient relativement à la loi de Mariotte, mais d'avoir montré qu'ils étaient eux-mêmes variables, suivant la température et suivant la pression, d'avoir suivi méthodiquement les variations de ces écarts et de les avoir traduits par des courbes qui parlent aux yeux, qui expriment les modifications graduelles du produit PV lorsque, la température demeurant constante, on fait varier la pression ou inversement, et dont l'ensemble, pour un même gaz, constitue ce qu'on appelle son *réseau*. De l'étude et de la superposition de ces réseaux se dégagent des lois précises : Amagat en a formulé douze qui expriment le résultat du conflit entre les forces extérieures et la résistance que leur opposent les molécules animées de mouvements plus ou moins énergiques du gaz. A un certain degré de raréfaction, tous les gaz obéissent d'ailleurs à la loi de Mariotte.

Amagat a pu pousser ses études jusqu'à une pression de 3000^{atm}. Le maniement d'appareils soumis à de telles pressions n'est pas sans danger pour l'opérateur. Mais ce n'était pas pour faire reculer un travailleur tel qu'Amagat. Il construisait d'ailleurs lui-même les instruments tout à la fois résistants et précis qui lui étaient nécessaires; il était, comme il le disait, son propre constructeur. Il avait débuté par des expériences qui méritent

de demeurer célèbres par leur ampleur, plus encore que celles de Dulong et Arago dans la tour de Clovis du lycée Henri IV, et de Regnault dans la petite tour du Collège de France. Elles eurent lieu en 1879 dans le puits Verpilieux, des mines de charbon de Saint-Étienne, où il étudia la compressibilité de l'azote, sous la pression d'une colonne de mercure qu'il pouvait allonger jusqu'à 327^{m} de hauteur, correspondant à 430^{atm}. Il les compléta par d'autres plus détaillées, portant sur 80^{atm} dans l'une des tours de l'église de Fourvières à Lyon. L'azote ainsi étudié put lui servir à construire des manomètres à gaz comprimé de haute précision, pour les recherches à de très hautes pressions qu'il comptait poursuivre au laboratoire, non seulement sur les gaz, mais sur les liquides et les solides ainsi que sur les phases de passage d'un même corps d'un état physique à l'autre, passages ordinairement brusques, mais qu'on peut amener à être tellement gradués qu'ils peuvent devenir insensibles, comme l'avait vu Andrews. L'eau avec son singulier maximum de densité à 4°, qu'on peut lui aussi faire disparaître sous certaines pressions, a particulièrement retenu son attention. La ressemblance des phénomènes que peuvent produire un froid intense ou une grande pression a été de même étudiée par Amagat, et c'est au cours de ces recherches qu'il a réussi à faire cristalliser, par la simple pression, le bichlorure de carbone.

Ces recherches expérimentales si délicates, si précises ne suffisaient pas à son activité. Une fois les données recueillies, il les discutait, les coordonnait, les soumettait à une analyse des plus délicates, ne s'arrêtait que lorsqu'il avait réussi à en dégager la signification générale et à la formuler en lois auxquelles cette méthode rigoureuse donne un caractère définitif. L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* de 1914 contient un des derniers travaux de ce genre qu'il ait publiés. Il a pour titre : *De l'équation d'état, du point critique et des états correspondants;* c'est une sorte de synthèse de ses travaux et de ceux de Van der Waals.

Peu de vies scientifiques ont présenté une pareille unité; peu d'hommes ont montré plus d'énergie et de persévérance dans la poursuite de la solution de problèmes difficiles, poursuite sans relâche jusqu'à ce que le résultat ait été atteint; peu de savants sont arrivés à faire, avec des moyens qu'il fallait, presque sans ressources, créer de toutes pièces, à réaliser une œuvre aussi considérable et aussi solide. Professeur à l'Université catholique de Lyon, Amagat n'avait, pour l'aider dans ses expériences et la construction de ses appareils, qu'un mécanicien adroit et dévoué qu'il avait

formé lui-même. Les résultats qu'il parvint à obtenir, dans des conditions aussi modestes, n'en frappèrent que davantage les physiciens. L'Académie des Sciences le récompensa d'un de ses plus beaux prix, le prix La Caze, et le nomma son correspondant dans la Section de Physique. La Société de Physique, dont il avait été le président, lui décerna le plus haut titre dont elle puisse disposer, en lui donnant une des huit places de membre honoraire qu'elle réserve aux plus illustres physiciens du monde entier, et la Société royale de Londres l'appela à elle, avant même qu'il eût trouvé dans notre Compagnie une place qui imposait alors la résidence à Paris.

Amagat y vint enfin comme répétiteur à l'École Polytechnique; et, à la mort du regretté Alfred Cornu, en 1902, l'Académie des Sciences lui donna sa succession; il avait eu pour concurrent Pierre Curie. Plus tard, une chaire de Physique de l'École Polytechnique lui fut offerte, mais il préféra demeurer examinateur d'admission, fonction qui lui laissait plus de temps pour travailler et lui donnait le loisir d'aller se reposer et méditer dans sa maison familiale de Saint-Satur, où il vient de mourir.

Les travaux scientifiques d'Amagat sont, comme ceux de Regnault, non seulement des œuvres définitives, auxquelles il faudra toujours recourir dans les questions relatives à la mécanique interne des corps, quels que soient les progrès ultérieurs de la Science, mais ils sont aussi les bases nécessaires et solides sans lesquelles ces progrès auraient été singulièrement retardés, et ils sont de haute importance. Ses nombreux admirateurs l'avaient bien compris; aussi l'avaient-ils proposé, il y a deux ans, pour un prix Nobel qu'il n'aurait certes pas tardé à obtenir.

Malgré ces succès dont il ne parlait jamais, Amagat était demeuré d'une simplicité, d'une modestie, d'une cordialité que nous avons tous appréciées.

Sa bienveillance n'était jamais en défaut à l'égard des jeunes physiciens qui venaient le consulter, et son souci de justice, dans les examens qu'il avait à faire subir, était poussé jusqu'au scrupule. Il était de ceux qui passent sans bruit dans la vie, satisfaits par le témoignage que leur porte leur conscience de l'avoir bien employée; mais dont on mesure l'œuvre au vide immense et aux regrets profonds qu'ils laissent après eux.

Dans ces dernières années, la santé de notre Confrère avait subi de graves atteintes qui avaient rendu plus rare sa présence à nos séances. Depuis quatre mois il était immobilisé. Il laisse une veuve et un fils, major aux armées, auxquels l'Académie adresse l'expression la plus émue de sa sympathie.

Catholique sincère, mais discrètement enfermé dans sa conscience, il meurt à l'heure où s'éteignent et espérons-le ne renaîtront pas les dissensions stériles de partis dont il avait tant horreur et qui ont, sans profit pour personne, enhardi les ennemis de notre pays, enfin redevenu lui-même, et désireux, cette tourmente passée, de vivre dans une paix fraternelle, chacun n'ayant qu'un souci : contribuer de son mieux à la prospérité nationale, comme l'a fait Amagat dont la pure gloire rejaillit sur la Science française tout entière.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un nouveau théorème dans la théorie des séries de Dirichlet.* Note de M. G. **Mittag-Leffler**.

Soit $\sum\limits_{\nu=1}^{\infty} a_\nu e^{-\lambda_\nu t}$, où $0 < \lambda_1 < \lambda_2 \ldots < \lambda_\nu \ldots$; $\lim\limits_{\nu=\infty} \lambda_\nu = \infty$, une série de Dirichlet. On connaît depuis le travail de M. Jensen que la série est convergente dans un demi-plan dont l'abscisse τ a été déterminée par M. Cahen sous la forme

$$\tau = \overline{\lim_{n=\infty}} \frac{\log|a_1 + a_2 + \ldots + a_n|}{\lambda_n}.$$

Cette formule a l'inconvénient qu'elle est valable seulement sous la supposition que $\tau \geqq 0$. Malgré plusieurs efforts on n'a réussi que tout nouvellement à établir une formule embrassant en même temps le cas $\tau < 0$. J'ai donné une telle formule dans mon cours à la Sorbonne (au printemps de 1913), mais elle avait le désavantage qu'un certain paramètre t' soumis, il est vrai, à une condition très générale, y entrait.

Un de mes anciens élèves, qui suivait mon cours à Paris, M. Erik Lindh, vient de me communiquer une autre solution du problème plus simple, qui me paraît définitive, qui embrasse comme cas spécial l'expression de Cauchy pour les séries de puissances, et qui en même temps paraît ouvrir de nouvelles voies pour l'étude des séries de Dirichlet et des expressions arithmétiques analogues plus générales.

Je me réserve d'y revenir sous peu.

Fixons un nombre positif quelconque K et désignons par λ_{n+p_n} le premier nombre $\lambda_{n+\mu}$ plus grand que $\lambda_n + K$. L'expression de M. Lindh est

$$\tau = \overline{\lim} \frac{\log\left|\sum\limits_{\nu=n}^{n+p-1} a_\nu\right|}{\lambda_n} \qquad (p = 1, 2, \ldots, p_n;\ n = 1, 2, 3, \ldots).$$

Supposons d'abord cette égalité remplie. On aura pour des valeurs suffisamment grandes de n :

$$e^{\lambda_n t'} > \left| \sum_{\nu=n}^{n+p-1} a_\nu \right| \qquad (t' > \tau;\ p = 1, 2, \ldots, p_n).$$

La transformation connue d'Abel nous donne

$$(3)\quad \begin{cases} \left| \sum_{\nu=n}^{n+p-1} a_\nu e^{-\lambda_\nu t} \right| < \begin{cases} e^{\lambda_n t'} . e^{-\lambda_n t'} & (t \geqq 0), \\ 2 e^{\lambda_n t'} . e^{-\lambda_{n+p-1} t} & (t < 0), \end{cases} \\ \text{ou} \\ \left| \sum_{\nu=n}^{n+p-1} a_\nu e^{-\lambda_\nu t} \right| < \begin{cases} e^{-\lambda_n (t-t')} & (t \geqq 0), \\ 2 e^{-\lambda_n (t-t')} . e^{-Kt} & (t < 0). \end{cases} \end{cases}$$

En supposant $t - t' > 0$ nous aurons par conséquent, dans le cas $t \geqq 0$,

$$(4)\quad \left| \sum_{\nu=n}^{n'} a_\nu e^{-\lambda_\nu t} \right| < e^{-\lambda_n (t-t')} + e^{-(\lambda_n + K)(t-t')} + e^{-(\lambda_n + 2K)(t-t')} + \ldots = \frac{e^{-\lambda_n (t-t')}}{1 - e^{-K(t-t')}},$$

et dans le cas $t < 0$

$$(5)\quad \left| \sum_{\nu=n}^{n'} a_\nu e^{-\lambda_\nu t} \right| < 2 e^{-Kt} \frac{e^{-\lambda_n (t-t')}}{1 - e^{-K(t-t')}}.$$

L'égalité de Lindh étant remplie, la série $\sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu e^{-\lambda_\nu t}$ converge par conséquent tant que $t > \tau$.

Admettons maintenant inversement que la série de Dirichlet soit convergente pour $t > \tau$.

En prenant ε aussi petit que l'on voudra, on trouvera toujours un nombre $\bar{n}$ assez grand pour que

$$\left| \sum_{\nu=n}^{n'} a_\nu e^{-\lambda_\nu t} \right| < \varepsilon \qquad (n \geqq \bar{n}).$$

La transformation d'Abel nous donne

$$\left| \sum_{\nu=n}^{n+p-1} a_\nu \right| < \begin{cases} 2\varepsilon . e^{\lambda_{n+p-1} t} & (t \geqq 0), \\ \varepsilon . e^{\lambda_n t} & (t < 0), \end{cases}$$

c'est-à-dire

$$t \geqq \overline{\lim} \frac{\log \left| \sum_{\nu=n}^{n+p-1} a_\nu \right|}{\lambda_n} \qquad (p = 1, 2, \ldots, p_n;\ n = 1, 2, \ldots) \tag{6}$$

ou

$$\frac{\log \left| \sum_{\nu=n}^{n+p-1} a_\nu \right|}{\lambda_n} < \begin{cases} \dfrac{\log 2\varepsilon}{\lambda_n} + t\left(1 + \dfrac{K}{\lambda_n}\right) & (t \geqq 0), \\ \dfrac{\log \varepsilon}{\lambda_n} + t & (t < 0). \end{cases}$$

Par conséquent

$$t \geqq \overline{\lim} \frac{\log \left| \sum_{\nu=n}^{n+p-1} a_\nu \right|}{\lambda_n} \qquad (p = 1, 2, \ldots, p_n;\ n = 1, 2, 3, \ldots).$$

Le théorème est démontré. On voit immédiatement qu'il embrasse comme cas spécial le théorème de Cauchy concernant le rayon de convergence r de la série de puissances

$$\sum_{\nu=0} a_\nu x^\nu,$$

savoir

$$\frac{1}{r} = \overline{\lim_n} \sqrt[n]{|a_n|}.$$

M. **Ed. Perrier** offre à l'Académie la 3ᵉ édition d'un *Guide du visiteur à la Collection de Minéralogie du Muséum national d'Histoire naturelle*, rédigé par M. A. Lacroix.

Ce fascicule comprend l'énumération systématique des minéraux, suivie de leur formule chimique et de l'indication de leur système cristallin. Une Table alphabétique facilite les recherches à la fois dans cet Ouvrage et dans les galeries du Muséum.

M. **Édouard Heckel** fait hommage à l'Académie d'une *Contribution à la Géographie botanique du nord du Var et à la Flore avoisinant le Verdon et les sources salées du département du Var*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Icones plantarum Formosanarum nec non et Contributiones ad Floram Formosanam*, par B. Hayata; *Rigakuhakushi*, t. IV.

2° Deux Cartes et une Notice faisant partie des *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, publiés aux frais de la Confédération suisse.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale* $\Gamma(\rho)$ *et ses relations avec d'autres intégrales définies*. Note de M. **J. Tavani.**

Soient x une quantité réelle et ρ une variable complexe $= \alpha + i\beta$, $i = \sqrt{-1}$; on a alors

$$\int_0^\infty x^{\rho-1} e^{-x}\, dx = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} \cos(\beta \log x)\, dx + i \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} \sin(\beta \log x)\, dx.$$

De cette façon $\Gamma(\rho)$ reste exprimée sous la forme de vecteur dont le module est

$$\sqrt{\left[\int_0^\infty x^\alpha e^{-x} \cos(\beta \log x)\, dx\right]^2 + \left[\int_0^\infty x^\alpha e^{-x} \sin(\beta \log x)\, dx\right]^2}$$

et l'argument est l'arc dont la tangente est

$$\frac{\int_0^\infty x^\alpha e^{-x} \sin(\beta \log x)\, dx}{\int_0^\infty x^\alpha e^{-x} \cos(\beta \log x)\, dx};$$

par conséquent

$$\text{(I)} \qquad \int_0^\infty x^\alpha e^{-x} \cos(\beta \log x)\, dx = |\Gamma(\rho)| \cos \arg \Gamma(\rho),$$

$$\text{(II)} \qquad \int_0^\infty x^\alpha e^{-x} \sin(\beta \log x)\, dx = |\Gamma(\rho)| \sin \arg \Gamma(\rho).$$

Ces relations ont une valeur spéciale parce qu'elles nous donnent des renseignements sur les intégrales précédentes qui ne peuvent pas être traitées avec les méthodes ordinaires d'intégration, et parce que ces intégrales avec les simples transformations $\log x = y$ et $\log x^\beta = y$ se transforment dans les autres

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-e^y+\alpha y}\cos(\beta y)\,dy \quad \text{et} \quad \int_{-\infty}^{\infty} e^{-e^y+\alpha y}\sin(\beta y)\,dy$$

et

$$\frac{1}{\beta}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-e^{\frac{y}{\beta}}+\frac{1}{\beta}(1+\alpha)y}\cos y\,dy, \qquad \int_{-\infty} e^{-e^{\frac{y}{\beta}}+\frac{1}{\beta}(1+\alpha)y}\sin y\,dy,$$

on a aussi

$$\text{(III)} \quad \left\{\begin{array}{l} \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} e^{-e^y+\alpha y}\cos(\beta y)\,dy \\ \text{et} \\ \displaystyle\int_{+\infty}^{\infty} e^{-e^{\frac{y}{\beta}}-\frac{1}{\beta}(1-\alpha)y}\cos y\,dy \end{array}\right\} = |\Gamma(\rho)|\cos[\arg\Gamma(\rho)]$$

et

$$\text{(IV)} \quad \left\{\begin{array}{l} \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} e^{-e^y+\alpha y}\sin(\beta y)\,dy \\ \text{et} \\ \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} c^{-e^{\frac{y}{\beta}}+\frac{1}{\beta}(1+\alpha)dy}\sin y\,dy \end{array}\right\} = |\Gamma(\rho)|\sin[\arg\Gamma(\rho)].$$

2. D'ailleurs, pour calculer l'argument de $\Gamma(\rho)$ en fonction de l'argument et des coordonnées α et β de ρ, on peut se servir des relations suivantes

$$\arg.[\Gamma(\rho)] = \frac{1}{i}\left[\log\left(\frac{\Gamma(\rho)}{|\Gamma(\rho)|}\right)\right]$$

et

$$\Gamma(\rho) = \frac{1}{\rho}e^{-C\rho\frac{1}{2}S_2\rho^2-\frac{1}{3}S_3\rho^3+\dots}$$

dans laquelle C est la constante eulérienne et $S_n = 1 + \frac{1}{2^n} + \frac{1}{3^n} + \dots$.

En remplaçant dans la dernière expression de $\Gamma(\rho)$

$$\rho^n = (\alpha + i\beta)^n \quad \text{par} \quad \sum_{k=0}^{k=n}(n)_k\alpha^{n-k}(i\beta)^n$$

on obtient pour l'argument de $\Gamma(\rho)$ l'expression

$$-\varphi - C\beta + \sum_{\substack{n \\ (\text{pair})}}^{\infty} \frac{S_n}{n} \sum_{m=0}^{m=\frac{n-3}{4}} [(n)_{4m+1}\alpha^{n-(4m+1)}\beta^{4m+1})$$
$$- \frac{S_n}{n} \sum_{m=0}^{m=\frac{n-3}{4}} [(n)_{4m+3}\alpha^{n-(4m+3)}\beta^{4m+3})$$
$$- \frac{S_{n+1}}{n+1} \sum_{m=0}^{m=\frac{n-2}{4}} [(n+1)_{4m+1}\alpha^{n-(4m+1)}\beta^{4m+1})$$
$$+ \frac{S_{n+1}}{n+1} \sum_{m=0}^{m=\frac{n-2}{4}} [(n+1)_{4m+1}\alpha^{n-(4m+3)}\beta^{4m+3}).$$

La convergence de cette série étant une conséquence de la condition $|\rho| < 1$ qui est la condition admise pour la validité de l'expression exponentielle de $\Gamma(\rho)$ employée.

GÉOLOGIE. — *Découverte et fouille d'un menhir trouvé debout et enfoui complètement dans une alluvion marine sur les côtes de Vendée.* Note de M. Marcel Baudouin.

On connaissait, jusqu'à présent, des menhirs *debout*, enfouis sous des dunes (¹), ou en partie *immergés* dans l'océan Atlantique; mais on n'avait jamais encore trouvé de tels mégalithes *englobés*, complètement, *dans une alluvion marine*, les recouvrant de façon à les dérober à la vue.

Or j'ai pu observer en Vendée, près de l'embouchure du fleuve La Vie, commune de Saint-Hilaire-de-Riez, un menhir debout, totalement caché dans des *argiles* à *Scrobicularia plana*, ce qui prouve qu'à un moment donné cette pierre dressée a été absolument *sous-marine*.

Il s'agit d'une plaquette de *grès secondaire*, mise au jour au niveau d'un ancien marais salant, au lieudit *Le Bouteillon*, correspondant à un ancien rivage. Elle repose sur les *schistes à séricite*. Elle mesure $1^m,50$ de hauteur, $1^m,50$ de largeur à la base et $0^m,45$ d'épaisseur en moyenne. Jadis le sommet devait dépasser le niveau de la *prairie* de $0^m,25$; mais actuellement

(¹) Marcel Baudouin, *Découverte d'un menhir resté debout sous une dune de côtes de Vendée* (*Comptes rendus*, t. 159, n° 20, 1914, p. 683-684).

une levée de terre, exécutée en cet endroit, fait que le sol est situé à $0^m,50$ au-dessus.

La fouille, que j'ai exécutée au pied de ce bloc, a fourni des *blocs de calage* en place, constitués par des fragments de *calcaire tertiaire*, importés d'assez loin. Le menhir n'est donc pas discutable. Il est d'ailleurs orienté de telle sorte que son grand axe correspond à la *ligne méridienne* de l'époque d'érection : disposition qu'on observe souvent.

Pour que cette pierre dressée ait pu être ainsi baignée par les eaux salées et pour que ces eaux aient pu au pourtour déposer une couche de $1^m,25$ au moins d'argile, il faut que le sol correspondant ait subi un *affaissement* d'autant plus considérable que l'altitude du lieu était plus élevée au moment de l'édification de ce monument.

Comme les hommes de la Pierre polie ne construisaient pas au niveau même de la mer, et surtout des basses mers, il en résulte que l'effondrement du sol doit avoir été ici de plusieurs mètres au moins. Étant donné que l'affaissement qu'on observe à l'embouchure de la Vie [où il y a une *station néolithique sous-marine* (¹)], à 3^{km} en aval, est de 3^m environ, on peut admettre qu'au *Bouteillon* il a eu la même importance.

De tels faits sont, au point de vue de la géologie quaternaire et des mouvements du sol, à l'époque actuelle, de la plus haute importance, car ils constituent des témoins irrécusables, qu'on peut appeler des *chronomètres préhistoriques*. Ils apportent une preuve irréfutable en faveur de l'hypothèse des *affaissements récents* des rivages au niveau des côtes atlantiques, niés encore par de nombreux géologues. Ils montrent de plus, puisque la pierre n'a pas été renversée, qu'ils se sont produits lentement, et sans le moindre cataclysme local entraînant souvent des modifications considérables dans les embouchures des cours d'eau tributaires de l'Océan.

BOTANIQUE. — *Nouvelles recherches sur les pigments des chromoleucites.* Note de M. V. **Lubimenko**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai exprimé l'idée, dans une Note antérieure (²), que les pigments des chromoleucites sont les dérivés de la chlorophylle altérée sous l'action des

(¹) M. Baudouin et Edm. Bocquier, *Découverte et fouille d'une station préhistorique sous-marine à l'embouchure de la Vie, en Vendée* (*Comptes rendus*, t. 157, 8 septembre 1913, p. 452).

(²) V. Lubimenko, *Recherches sur les pigments des chromoleucites* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 510).

enzymes oxydants. Les résultats de mes nouvelles recherches m'ont montré que les pigments accompagnant la chlorophylle subissent la même altération au cours de la transformation des chloroleucites en chromoleucites. En examinant les pigments jaunes contenus dans les chromoleucites, j'ai constaté que tous ces pigments peuvent être divisés en deux groupes nettement distincts : 1° les carotinoïdes insolubles dans l'acide formique concentré ; 2° les xanthophylloïdes qui se dissolvent plus ou moins facilement dans cet acide en donnant une couleur verte.

Les carotinoïdes forment, d'après leurs propriétés optiques et chimiques, une série de substances intermédiaires entre la carotine et la xanthophylle; ils diffèrent de la carotine par leur solubilité plus ou moins facile dans l'alcool, ainsi que dans l'acide acétique glacial, ce qui les rapproche de la xanthophylle. Certains d'entre eux sont même insolubles dans l'éther de pétrole, comme c'est le cas pour le carotinoïde contenu dans l'arille des grains mûrs de l'*Evonymus*. Les xanthophylloïdes présentent aussi une série de substances intermédiaires entre la xanthophylle et la carotine; ils diffèrent du premier pigment par leur solubilité dans l'éther de pétrole, ce qui les rapproche de la carotine.

Chimiquement, la formation de tous ces pigments intermédiaires peut être expliquée comme étant le résultat d'une oxydation successive de la carotine ou d'une réduction de la xanthophylle liée, probablement, à une sorte d'isomérisation particulière. Pour vérifier cette supposition, j'ai fait quelques expériences sur les feuilles vertes de *Primula obconica*, et j'ai constaté que la quantité de carotine augmente et que celle de xanthophylle diminue quand les feuilles sont mises à l'abri de l'oxygène; au contraire, la carotine disparaît presque totalement quand on met les feuilles finement découpées et broyées dans une solution de peroxydase à l'air libre. On trouve dans ces cas, comme produit intermédiaire entre la carotine et la xanthophylle, un pigment jaune soluble aussi bien dans l'alcool que dans l'éther de pétrole; son spectre d'absorption dans le sulfure de carbone est aussi intermédiaire entre les spectres de la carotine et de la xanthophylle comme le montre le Tableau suivant :

	Carotine.	Pigment intermédiaire.	Xanthophylle.
Première bande	λ533-508	λ528-500	λ528-500
Deuxième bande.......	λ490-470	λ490-470	λ480-460

J'ai constaté la présence de ce même pigment intermédiaire dans les chromoleucites jaunes de diverses plantes, aussi bien dans les feuilles que dans les fruits.

On voit par ces faits que la carotine et la xanthophylle subissent une transformation réciproque dans le tissu de la plante et au cours de cette transformation diverses substances intermédiaires s'accumulent dans les chromoleucites.

Si l'on étudie l'évolution des pigments dans les chromoleucites d'une même plante, on constate que divers pigments remplacent successivement l'un l'autre. D'une façon générale l'évolution commence par l'oxydation qui peut être remplacée plus tard par la réduction chimique des pigments accumulés. A ce point de vue, il faut distinguer trois catégories des chromoleucites: 1° les chromoleucites qui se forment des chloroleucites dans les feuilles avant la mort du tissu chlorophyllien; 2° les chromoleucites transitoires des feuilles jeunes ou adultes; ils sont capables de se transformer de nouveau en chloroleucites; 3° les chromoleucites des fleurs, des fruits ou d'autres organes de la plante qui remplacent les chloroleucites aux certains stades du développement du tissu chlorophyllien.

La première catégorie des chromoleucites est caractérisée par l'uniformité de leurs pigments jaunes; ce sont toujours la carotine et la xanthophylle plus ou moins profondément modifiées en carotinoïdes et xanthophylloïdes qui restent après l'altération de la chlorophylle; leur quantité n'est pas supérieure à la quantité de pigments jaunes contenus dans les chloroleucites. La chlorophylle donne dans ce cas comme produit de sa décomposition un pigment brun, soluble dans l'alcool et capable de former avec l'hydrate de baryum une sorte de sel analogue à celui de la chlorophylle. A cette catégorie appartiennent les chromoleucites des feuilles jaunes d'automne; par l'oxydation successive, qui attaque au commencement la chlorophylle, les pigments jaunes se décomposent ici plus ou moins rapidement.

L'origine des chromoleucites de la seconde catégorie est due à l'altération partielle ou totale de la chlorophylle pendant l'hiver chez les plantes aux feuilles persistantes ainsi que dans les jeunes feuilles de diverses plantes exposées à la lumière trop intense. Suivant les variations de la lumière et de la température, les pigments des chloroleucites subissent, dans ce cas, tantôt l'oxydation, tantôt la réduction; c'est pourquoi les chromoleucites de la seconde catégorie contiennent un mélange de pigments très variés de la couleur jaune, orange et rouge ainsi que le pigment brun caractéristique pour les feuilles d'automne. On constate une grande variabilité des pigments aussi dans les chromoleucites de la troisième catégorie; mais ici l'oxydation des pigments de chloroleucites est toujours remplacée plus tard par leur réduction qui peut aboutir dans certains cas à l'accumulation des substances totalement dépourvues d'oxygène, telles que la carotine ou la lycopine. Le plus souvent, c'est un mélange des substances intermédiaires et des substances définitives qu'on trouve dans les chromoleucites de ce genre. En examinant plus de 70 espèces de plantes, j'ai obtenu, comme substances définitives : la carotine, la lycopine et la rhodoxantine; ces trois pigments sont accompagnés par un grand nombre de substances intermédiaires, telles que les carotinoïdes, les xanthophylloïdes, les lycopinoïdes et les

rhodoxantinoïdes. La xanthophylle ne s'accumule pas en grande quantité dans les chromoleucites comme substance définitive; elle est remplacée par divers xanthophylloïdes.

En résumé, on peut dire que l'évolution chimique des pigments contenus dans les chloroleucites au cours de leur transformation en chromoleucites aboutit à la formation d'un grand nombre de substances colorées qui se rattachent à la carotine, la xanthophylle et leurs deux isomères : la lycopine et la rhodoxanthine. L'apparition des substances intermédiaires entre ces quatre formes principales ainsi que la formation des deux derniers pigments rouges, qui n'existent pas dans les chloroleucites, doit être attribuée aux deux processus chimiques opposés, l'oxydation et la réduction, qui remplacent l'un l'autre au cours du développement du tissu chlorophyllien et qui attaquent l'appareil assimilateur. Nous ne savons pas exactement ce qui se passe avec les pigments des chloroleucites pendant leur activité assimilatrice; mais il est très probable que l'oxydation est contre-balancée dans ce cas par la réduction, ce qui donne comme résultat une stabilité apparente de la chlorophylle et des pigments jaunes qui l'accompagnent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action favorable du manganèse sur la bactérie des légumineuses.* Note de M. **D. Olaru**, présentée par M. Roux.

M. G. Bertrand et ses collaborateurs [1] ont démontré définitivement l'importance physiologique du manganèse, métal dont on trouve au moins des traces dans toutes les cellules vivantes, animales ou végétales.

Le manganèse se trouve également dans tous les sols et dans presque toutes les couches géologiques [2].

Il a été proposé, en agriculture, comme *engrais catalytique* par M. G. Bertrand en 1903 au Congrès international de Chimie appliquée de Berlin.

On a montré aux congrès suivants [3] que l'addition de minimes quantités de sels solubles de manganèse, à un sol pauvre en cet élément (du moins sous la forme assimilable), augmente les récoltes dans des proportions remarquables [4]. Mais les plantes supérieures ne profitent pas seules d'une

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. XI, 1912, p. 665 et 857, et t. XIII, 1913, p. 18.

(2) Dieulafait, *Comptes rendus*, t. 125, 1883, et S. Dulugea, *Thèse Fac. Sciences Paris*, 1914.

(3) Rome, 1907; Londres, 1909; New-York, 1912.

(4) *Annales de l'Institut Pasteur*, n° 11, 1912.

addition de manganèse; il en est de même des Moisissures [1] et des Bactériacées.

M. Kayser, agissant sur la levure [2], a réussi à modifier avantageusement, à l'aide du manganèse, la fermentation alcoolique, avec une plus forte teneur en alcool et en glycérine.

Dernièrement, on a montré que le *Mycoderma Aceti* [3] oxydait beaucoup plus rapidement l'alcool pour le transformer en acide acétique, en présence de petites quantités de manganèse.

J'ai étudié l'influence du manganèse sur les microbes du sol, en commençant par les microbes des nodosités des légumineuses.

Comme milieu nutritif j'ai pris une décoction à 100° de haricots blancs, préparé d'après M. Mazé [4] en faisant bouillir 200^g de haricots avec de l'eau de source, pour avoir 1000^{cm^3} de liquide filtré, auquel a été ajouté 2 pour 100 de saccharose; ce milieu a été réparti par portions de 100^{cm^3} dans des ballons à fond plat d'environ 1 litre. L'extrait sec pour 100^{cm^3} était de $1^g,153$ (avant l'addition du saccharose) avec 35 millièmes de milligramme de manganèse [5].

En laissant le premier ballon comme témoin, on a additionné les autres de quantités croissantes d'une solution de sulfate de manganèse pur; tous les ballons ont été ensuite bouchés avec un tampon d'ouate et stérilisés 25 minutes à 115°.

Pour l'ensemencement, on s'est servi d'une culture faite avec les microbes des nodosités de petits pois sur du bouillon Mazé gélosé.

Première série. — Le bouillon contenait en pour 100: $1^g,153$ d'extrait sec, $42^{mg},5$ d'azote et $0^{mg},035$ de manganèse. Température de la culture: +19°. Durée: 48 jours.

Numéros des ballons.	Quantités de manganèse introduites.	Dilutions du manganèse.	Azote final.	Azote gagné.	Rapport (pour 100): Azote gagné / Azote initial.
	mg		mg	mg	
1...	0 (témoin)	ajouté	44,0	1,5	3,5
2...	0,01	1/10000000	58,2	15,7	36,9
3...	0,05	1/2000000	63,5	21,0	49,4
4...	0,1	1/1000000	65,5	23,0	54,0
5...	0,5	1/200 000	74,6	32,1	75,5 (maximum)
6...	1,0	1/100000	72,2	22,7	69,8

Dans cette première série, le maximum d'azote gagné se trouvait dans le ballon

(1) G. Bertrand et Javillier (pour l'*Aspergillus niger*), *Bull. Soc. chim.*, 1912, p. 212, 347, 400 et 494.

(2) *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 544.

(3) G. Bertrand et R. Sazerac, *Comptes rendus*, t. 159, 15 juillet 1913, p. 544.

(4) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. II, 1897, p. 44, et t. XII, 1898.

(5) Dosé d'après la méthode décrite dans le *Bulletin des Sciences pharmacologiques*, n° 4, mai 1911.

additionné d'un demi-milligramme pour 100 de manganèse et atteignait 75,5 pour 100 après 48 jours.

DEUXIÈME SÉRIE. — Le bouillon était un peu plus pauvre en extrait sec (1g,0742 pour 100) et contenait seulement 35mg d'*azote initial* et 0mg,024 de manganèse. On a ajouté deux ballons de plus, additionnés respectivement de 2mg et 5mg de manganèse. On a fait deux sous-séries :

A..... laissée 50 jours à la température du laboratoire (19°-20°)
B..... » 114 » »

Ballons A après 50 jours. Ensemt le 23 mars.	Manganèse ajouté.	Dilution du manganèse ajouté.	Azote final.	Azote gagné.	Rapports (pour 100) : $\frac{\text{Azote gagné}}{\text{Azote initial}}$.	$\frac{\text{Azote gagné}}{\text{Sucre initial}}$.
	mg		mg	mg		
1....	0 (témoin)	»	38,08	3,08	8,8	0,39
2....	0,01	1/10000000	42,0	7,0	20,0	0,88
3....	0,05	1/2000000	43,12	8,12	23,2	1,02
4....	0,1	1/1000000	44,24	9,24	26,4	1,16
5....	0,5	1/200000	45,08	10,08	28,8	1,28
6....	1,0	1/100000	46,30	11,30	32,2	1,43
7....	**2,0**	**1/50000**	**48,44**	**13,44**	**38,4**	**1,70**
8....	5,0	1/20000	47,04	12,04	34,4	1,52

Ballons B après 114 jours. Ensemt le 24 mars.		Azote final.	Azote gagné.	Rapports pour 100. $\frac{\text{Azote gagné}}{\text{Azote initial}}$.	$\frac{\text{Azote gagné}}{\text{Sucre initial}}$.
	mg	mg	mg		
1........	0 (témoin)	36,96	1,96	5,6	0,25
2........	0,01	38,92	3,92	11,2	0,49
3........	0,05	40,88	5,88	16,8	0,74
4........	0,1	42,28	7,28	20,8	0,92
5........	0,5	43,40	8,40	24,0	1,06
6........	1	44,8	9,8	28,0	1,24
7........	2	**45,92**	**10,92**	**31,2**	**1,37**
8........	5	44,24	9,24	26,4	1,17

En cherchant à doser le sucre final, non consommé, nous n'en avons trouvé que des traces dans presque tous les ballons, sauf dans les ballons 6 et 7, lesquels en contenaient encore des quantités remarquables.

Pour les cultures de cette deuxième série, le maximum d'azote gagné, après 50 jours et après 114 jours, se trouvait dans les ballons additionnés de 2mg de manganèse.

Les rapports entre l'azote gagné et le sucre initial pour ces ballons étaient de 1,70 pour 100 (1g,70 d'azote gagné pour 100g de sucre initial) après 50 jours et 1,37 pour 100 après 114 jours.

Les cultures étaient gélatineuses, surtout dans les ballons avec un maximum d'azote gagné.

M. G. Bertrand a fait observer en 1912 (1), à propos des engrais cataly-

(1) *Conférence Congrès internat. Chimie appl.*, 1912 : *Ann. Inst. Pasteur* (*loc. cit.*).

tiques, que, « lorsqu'on ajoute une substance fertilisante au sol, on n'agit pas uniquement sur la plante dont on veut augmenter la récolte, on modifie encore dans un sens ou dans l'autre la nutrition des bactéries, des champignons et de tous les êtres microscopiques qui vivent dans le sol ».

Les expériences dont je viens de communiquer les principaux résultats montrent que cette observation est tout au moins applicable à l'influence du manganèse sur les bactéries qui jouent le rôle, si important au point de vue agricole, de fixatrices d'azote.

ZOOLOGIE. — *Sur un nouveau genre de Poissons Apodes, et sur quelques particularités de la biologie de ces êtres.* Note (¹) de M. **Louis Roule**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les deux exemplaires qui motivent la création de ce nouveau genre, auquel je donne le nom de *Pseudophichthys*, appartiennent aux collections de S. A. S. le prince Albert de Monaco. Ils ont été recueillis par lui en 1902 (station 1338), au nord de l'Ile Fayal, avec le chalut, par 950^{m} de profondeur. Ils font donc partie de la faune atlantique abyssale.

Au premier abord, ces deux individus paraissent devoir se classer dans la famille des *Ophichthydés*, à en juger par leurs nageoires dorsale et anale plus larges vers leur extrémité postérieure que sur leurs autres parties. Mais le fait que le tronçon de la queue n'est point libre, joint à d'autres particularités tenant à la forme générale, à la dentition composée de dents en velours égales et assemblées en cinq plaques (2 maxillaires, 2 mandibulaires, 1 palatine), au grand nombre des cavités mucifères céphaliques, les éloigne de cette famille pour les ranger non loin de *Promyllantor* Alc., parmi les *Congéridés*. Ils se séparent toutefois de ce dernier par la petitesse de leurs pectorales, dont le sommet est loin d'atteindre le début de la dorsale, et par la position plus antérieure de l'anus, qui donne à la distance préanale une valeur égale aux $\frac{2}{5}$ de la longueur totale.

Les deux individus mesurent respectivement 300^{mm} et 321^{mm} de longueur. Ils font partie d'une seule et même espèce, que je nomme *Pseudophicthys latedorsalis*, en raison de la hauteur de la dorsale. Leur coloration, en solution formolée, est d'un gris rougeâtre assez clair, tournant au bleuâtre sur la tête.

Promyllantor Alc. appartenant à la faune abyssale de l'océan Indien, et *Pseudophicthys* à celle de l'Atlantique, ces deux genres apportent un argument nouveau en faveur de la réalité du parallélisme établi entre les faunes ichthyologiques, l'une occidentale, l'autre orientale, des mers qui

(¹) Séance du 15 février 1915.

baignent la moitié septentrionale du massif africain et la bordure méridionale de l'Eurasie; la Méditerranée servant de région unissante. Je rappelle à ce propos la description faite par moi en 1910 (*Annales de l'Institut océanographique*, t. I, fasc. 6) d'un exemplaire de *Nemichthys scolopaceus* Rich., conservé dans les collections de la Station de Biologie marine de Tamaris-sur-Mer. Cet individu avait été capturé deux ans auparavant dans la rade de Toulon. Cette espèce caractéristique d'Apodes, connue tout d'abord pour appartenir à la faune abyssale de l'Atlantique intertropical, et dont une forme peu différente (*N. Acanthonotus*, Alc.) a été prise dans l'océan Indien, n'avait jamais été signalée avec certitude comme habitant la Méditerranée. Le fait qu'elle y vit contribue à préciser la notion précédente de liaison ichthyologique, tout en élargissant celle qu'on doit se faire désormais sur la distribution géographique des Poissons Apodes.

Il est important de remarquer, en effet, que la plupart des découvertes récentes, aussi bien celles de la biologie que celles de la systématique, contribuent à accorder à la majorité des Poissons de cet ordre un habitat abyssal. D'une part, les connaissances acquises sur les espèces d'Anguilles qui fréquentent les eaux douces montrent que ces êtres passent seulement leur jeunesse dans les eaux continentales pour y effectuer les phases de leur première croissance, puis retournent à la mer, y deviennent sexués et pondent en eaux profondes, d'où ils ne retournent plus. D'autre part, une grande quantité de formes d'Apodes nouvellement décrites ont été recueillies dans les zones abyssales. Il semble donc que ces dernières constituent vraiment l'habitat principal de ces Poissons, aussi bien en ce qui regarde le nombre des espèces qu'en ce qui concerne celui des individus de chacune d'elles. Le peuplement temporaire en jeunes Anguilles des fonds vaseux de nos mares et de nos étangs ne ferait ainsi que reproduire, sur une petite échelle et pour quelques espèces, ce que les fonds vaseux abyssaux réalisent en permanence et sur de plus vastes et plus complètes proportions.

L'œcologie des Apodes pourrait donc, dans son ensemble, se ramener à deux habitats sucessifs, selon une règle qui ne paraît souffrir que peu d'exceptions. Dans le premier, qui est celui des phases larvaires leptocéphaliennes et tiluriennes de ces êtres, les individus, bathypélagiques, se répandent parmi les eaux marines en essaimant de bas en haut et remontant jusqu'à la surface des mers. Dans le second, qui est celui des phases de jeunesse et de l'âge adulte, les individus sont de préférence bathybenthiques et gagnent progressivement les profondeurs, soit d'emblée, soit après une première croissance accomplie dans les eaux marines littorales, ou même, pour les Anguilles, dans les eaux douces continentales.

BACTÉRIOLOGIE. — *La pomme de terre substratum et agent de dissémination du pneumobacille de Friedländer dans la nature et particulièrement dans les eaux.* Note (¹) de M. G. **Daumézon.**

Les tubercules de pomme de terre peuvent contenir dans leurs altérations divers germes bactériens; les uns véritablement spécifiques, les autres simples espèces occasionnelles retenant généralement peu l'attention. Parmi ces dernières nous avons isolé une espèce notoirement pathogène pour l'homme et qui semblerait, en cette occasion, avoir trouvé, grâce à un intermédiaire végétal, un important moyen de dissémination dans la nature et, en particulier, dans les eaux.

Les tubercules étudiés présentaient des altérations généralisées rappelant par la consistance la gangrène grasse.

Des parcelles profondes ont été prélevées aseptiquement sur de nombreux échantillons altérés et triturées avec de l'eau stérile.

Le liquide ensemencé sur plaques après large dilution a donné un piqueté de colonies blanches, saillantes et muqueuses.

Observés vivants les éléments sont immobiles; on les colore aisément, mais ils ne prennent pas le Gram. La gélatine n'est pas liquéfiée, les piqûres en tube donnent souvent l'aspect claviforme et des fragmentations gazeuses. Sur pomme de terre on obtient un enduit couleur crème, irrégulier et très épais, pouvant atteindre par place 4^{mm} de saillie.

Sur gélose, sur sérum coagulé, les stries donnent des bandes blanches très humides. Le bacille arrive à cultiver très abondamment sur sérum liquide à 37°; il prend un aspect diplobacillaire à éléments de 1^{μ} à 2^{μ} de long. L'acide acétique et le Ziehl mettent en évidence une capsule très nette.

Les cultures en eau peptonée ne donnent pas d'indol; nous avons observé la fermentation du glucose, du saccharose, de la dextrine, du lactose, de la glycérine. Le lait a été coagulé, mais lentement, après les premières cultures.

L'expérimentation physiologique montre une action élective sur la souris blanche. Après passage sur sérum, l'inoculation sous-cutanée de quelques gouttes de bouillon est mortelle : on obtient des abcès muqueux et le bacille se retrouve dans le sang avec sa capsule.

A la faveur d'une porte d'entrée le bacille est capable d'envahir à lui seul le substratum végétal vivant; une trace de culture pure sur pomme de terre (deuxième passage) a été portée au niveau de légers traumatismes produits aseptiquement avec une tige de fer rougie, sur des tubercules à surface soigneusement stérilisée : l'envahissement a été total.

(¹) Séance du 15 février 1915.

Nous identifions le germe étudié au pneumobacille de Friedländer dont le rôle pathogène et la fréquence dans les eaux sont bien établis (nous l'avons isolé trois fois sur 35 analyses des eaux brutes de l'Aude).

L'aspect des premières plaques ensemencées à dilution très large permettait de reconnaître l'extrême abondance et la prédominance à peu près exclusive de ce germe dans les nombreux tubercules examinés.

Il ne s'agissait pas, dans ce cas, d'un envahissement accidentel survenu en silo, mais au contraire d'une altération antérieure à l'arrachage, comme nous avons pu le constater *in situ* sur une très notable étendue du champ. Or ce champ était pourvu d'un puits complètement couvert d'un dôme en maçonnerie et d'une petite pompe hermétique excluant toute possibilité de contamination d'origine aérienne.

Il nous a paru particulièrement intéressant de rechercher le pneumobacille dans l'eau de ce puits : plusieurs passages en bouillon phéniqué ont permis de séparer un premier groupe d'éléments paracolibacillaires dont nous avons isolé sans trop de tâtonnements (ce qui semblait indiquer son abondance) un germe présentant intégralement toute la série des caractères ci-dessus décrits, y compris la virulence vis-à-vis de la souris.

Le champ de culture étudié constituait par conséquent avec son sol et la nappe de son sous-sol un réservoir très riche en pneumobacilles à virulence non abolie. Les pommes de terre qui contenaient ce germe dans leurs altérations représentaient, au moment de l'ensemencement des premières plaques, des foyers de pullulation très intenses et à peu près purs.

L'expérience ne nous a nullement démontré que le pneumobacille ait joué en ces circonstances un rôle spécifique, suffisant à lui seul à provoquer l'infection de la plante; mais, sous l'influence d'une cause première généralisée, il a pu arriver à pulluler et à prédominer d'une façon presque absolue et simultanément dans un grand nombre de tubercules à la fois.

Un substratum végétal peut donc, dans certains cas, jouer un rôle important au point de vue de la dissémination des bactéries pathogènes dans la nature et en particulier dans les eaux.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er MARS 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la mort de deux Correspondants et donne lecture des deux Notices suivantes, dues à M. B. Baillaud :

Le 16 avril 1914, à l'âge de 76 ans, est mort à West Nyack, N. Y., *George-William Hill*, Correspondant de l'Académie dans la Section d'Astronomie, à laquelle il appartenait depuis 1903.

Né à New-York le 3 mars 1838, il avait, dès l'âge de 21 ans, étudié la *Mécanique céleste* de Laplace et avait donné un excellent travail sur la Figure de la Terre. Attaché immédiatement au Bureau du *Nautical Almanac*, il y fut le plus actif collaborateur de Newcomb. D'un caractère modeste, d'un esprit élevé, tout ce qu'il a écrit révèle une grande sûreté de critique et une puissante originalité, associées à la clarté et à la concision de sa rédaction. De 1905 à 1907, l'Institut Carnegie a publié ses Œuvres mathématiques en 4 volumes in-4°, dont le premier contient une Notice biographique et historique par H. Poincaré. Les travaux qu'il a terminés depuis suffiront à faire un cinquième Volume.

La revue anglaise *Nature* du 18 février annonce la mort, survenue le 24 janvier, de l'astronome allemand prof. *G.-F.-J. Auwers*, de Berlin.

Auwers était Correspondant de notre Académie, dans la Section d'Astronomie, depuis 1892.

Longtemps Secrétaire perpétuel de l'Académie de Berlin, il avait consacré sa vie scientifique aux recherches concernant les étoiles fondamen-

tales, dont il a formé un important catalogue. En 1887, à Paris, il avait été l'un des vice-présidents du Congrès de la Carte photographique du Ciel. Il n'a pas signé l'appel des intellectuels allemands aux nations civilisées.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que le Tome V des *Procès-verbaux des Séances de l'Académie, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835, est en distribution au Secrétariat. Ce Volume comprend les procès-verbaux de 1812 à 1815.

ZOOLOGIE. — *Sur les formes adaptatives du* Scyllarus arctus *L. et sur le développement post-larvaire des Scyllares.* Note de M. **E.-L. Bouvier.**

Notre *Scyllarus arctus*, vulgairement connu sous le nom de *cigale de mer*, est un Crustacé macroure assez commun dans la Méditerranée; en dehors de cette mer, il se répand au Nord jusqu'aux îles anglo-normandes et à la pointe de Cornouailles, vers le Sud jusqu'aux Açores, à Madère et aux Canaries, sans doute également jusque sur la côte mauritanienne située en regard de ces dernières îles. Telle est du moins la distribution du *Scyllarus arctus* typique, mais celui-ci a sûrement donné naissance à deux formes dérivées, le *S. pygmæus* Sp. Bate et le *S. paradoxus* Miers qui semblent bien avoir acquis la dignité spécifique en s'adaptant à d'autres milieux.

Tandis que le *S. arctus* fréquente les eaux littorales ou sublittorales, le *S. pygmæus* est adapté aux profondeurs moyennes : trouvé par le *Challenger* aux Canaries sur un fond de 78 brasses, il a été l'objet de fréquentes captures par les expéditions françaises du *Travailleur* et du *Talisman* qui le prirent à des profondeurs semblables ou plus grandes, parfois même jusqu'à 1200^{m}. Cette espèce semble rare et localisée dans la zone subtropicale comprise entre Madère, les Canaries et les îles du Cap-Vert. Mais il pourrait se faire qu'elle soit plus commune et de distribution plus étendue. Car elle fut très mal caractérisée par Spence Bate qui n'en possédait que deux exemplaires, et l'on a dû fréquemment la confondre avec le *S. arctus* (1).

(1) Dans un bocal de *S. arctus* de provenance méditerranéenne (d'après l'étiquette tout au moins), j'ai trouvé une dizaine de *S. arctus* très typiques et cinq exemplaires de *S. pygmæus*. J'hésite toutefois à dire que cette dernière espèce habite la Méditerranée, car le même bocal renfermait deux exemplaires d'un Scyllare chinois, le *S. Haani* Berthold.

Elle diffère de ce dernier par toute une série de traits (sur lesquels j'insisterai ailleurs), et en particulier par sa taille fort réduite; ses plus grands exemplaires atteignent au plus 40^{mm}; ce qui est la dimension des jeunes *S. arctus* où s'indique à peine la maturité sexuelle.

Le *S. paradoxus*, au contraire, a conservé la taille du *S. arctus* et habite comme lui la zone côtière ou subcôtière. Mais il s'est répandu vers le Sud dans les eaux africaines et doit être considéré comme un *S. arctus* adapté aux régions tropicales. Jusqu'ici, on n'en connaissait que deux exemplaires jeunes recueillis à Gorée par le baron Maltzan, en 1881; mais l'année dernière, au cours de la campagne effectuée par M. le comte Jean de Polignac à bord de son yacht *Sylvana*, il a été retrouvé par M. Gain en Guinée portugaise. Je montrerai plus loin qu'il se trouve également au Gabon. C'est, à l'heure actuelle, une espèce bien distincte, caractérisée par tout un ensemble de particularités frappantes, entre autres par la présence de trois éperons sur le dernier sternite thoracique et par l'atrophie complète de la dent rostrale.

Développement post-larvaire des Scyllares. — Dans une Note parue dans ce Recueil en 1913 (*Comptes rendus*, t. 156, p. 1643), j'ai montré que les deux Crustacés de Nice décrits par Sarato sous les noms de *Nisto lævis* et de *Nisto asper* représentent le stade post-larvaire ou natant du *S. arctus*, c'est-à-dire l'état intermédiaire qui sort du phyllosome de cette espèce et conduit à la forme définitive. Mon opinion avait pour fondement l'étude minutieuse d'un certain nombre de *Nisto lævis* que Sarato avait envoyés au Muséum quand il fit son intéressante découverte. Bien que fort différents du Scyllare adulte, ces exemplaires présentaient avec ce dernier quelques traits indéniables de la même nature spécifique; par malheur, je ne trouvai dans la collection aucun exemplaire de *Nisto asper* et je supposai que cette forme représentait un autre stade post-larvaire de notre Scyllare.

Cette présomption vient d'être confirmée par un fait. En étudiant les Scyllaridés recueillis par la *Princesse-Alice*, j'eus la grande satisfaction d'y trouver un exemplaire de *Nisto asper* : rugueux sur toute sa face dorsale, muni de pointes épineuses sur la partie basilaire des antennules et des antennes, de lobes profonds sur la partie terminale de ces dernières, de fortes carènes sur les tergites abdominaux, d'une pointe terminale et de dentelures sur les épimères des mêmes segments; la carapace est très déprimée et la taille plus réduite que celle du *Nisto lævis*. Ce sont là tous les caractères attribués au *Nisto asper* par Sarato et l'exemplaire

de la *Princesse-Alice* appartient bien réellement à la même forme. Il fut capturé à Porto-Santo, un peu au nord de Madère, c'est-à-dire dans une région qu'habite à coup sûr le *S. arctus*. Il présente d'ailleurs, non seulement tous les caractères du stade post-larvaire *nisto*, mais en outre certaines particularités propres au *S. arctus*. Il suit de là que cette dernière espèce, avant d'acquérir sa forme définitive, présente à partir du phyllosome deux stades *nisto* successifs probablement séparés par une mue : l'un petit (14^{mm}-16^{mm}), déprimé, rugueux, et riche en épines ou spinules; l'autre plus grand (18^{mm}-20^{mm}) et plus convexe, lisse, presque totalement dépourvu d'épines; le premier est le stade *nisto asper*, le second le stade *nisto lævis*. Les deux formes décrites par Sarato comme des espèces autonomes représentent en réalité deux états post-larvaires du *S. arctus*.

Ces constatations intéressantes m'ont permis d'étudier comme il convient les stades post-larvaires d'autres espèces de Scyllares.

Je ferai remarquer tout d'abord que j'avais pris pour une espèce autonome de Scyllares le *nisto asper* dont j'ai donné plus haut la brève esquisse. A cette époque, je ne connaissais pas nos types de *nisto lævis* et l'on ignorait tout du développement post-larvaire des Scyllares. J'avais décrit l'exemplaire de la *Princesse-Alice* sous le nom de *Scyllarus* (*Arctus*) *crenulatus* (*Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 480).

Je n'ai pas vu l'immature trouvé par le *Challenger* aux Canaries et décrit par Spence Bate, en 1888, sous le nom de *Scyllarus immaturus*. Mais d'après la description et la figure qu'en a données l'auteur, on peut affirmer que cet exemplaire est un *nisto* du second stade. Il ressemble étrangement au *nisto lævis*, et, d'après la structure de ses antennules, les dents de ses pédondules antennaires, il se rapproche surtout du *S. pygmæus*. On doit le considérer, presque sans doute, comme un représentant du second stade post-larvaire de cette dernière espèce.

Le Muséum possède un *nisto* capturé au Gabon par M. le lieutenant Heurtel, depuis capitaine de frégate. Comme le *S. paradoxus*, il est dépourvu de dent rostrale et appartient sans doute à cette espèce. C'est un *nisto* du premier stade et assez semblable au *nisto asper* dont il se distingue surtout par ses épines et spinules beaucoup moins nombreuses, de même que par l'absence de toute saillie rostrale.

En étudiant les collections du *Blake* jadis communiquées à mon maître A. Milne-Edwards, il m'a été possible de rapporter au *Scyllarus americanus* S.-I. Smith un *nisto* recueilli par Stimpson dans la mer des Antilles. Ce nisto me paraît être au premier stade, car il n'est pas sans rugosités et plu-

sieurs de ses épimères abdominaux se terminent en pointe; comme certains individus de *S. americanus*, il présente une saillie rostrale rudimentaire.

Peut-être faudra-t-il regarder comme appartenant au second stade post-larvaire de la même espèce un exemplaire capturé par l'*Albatros* au large de Long-Island et décrit par S.-I. Smith, en 1881, sous le nom de *Scyllarus depressus*. Je sais bien que le *S. americanus* est une espèce tropicale et qu'on ne l'a pas signalé aussi loin vers le Nord, mais les phyllosomes sont des organismes pélagiques qui peuvent être emportés fort loin par les courants. En tout cas, le *nisto depressus* présente surtout des ressemblances avec le nisto du *S. americanus*, et les seuls caractères qui l'en distinguent, autant qu'on en peut juger, c'est la disposition des pointes abdominales qui se localisent sur le deuxième segment.

Jusqu'ici, on ne connaît pas les nistos des autres espèces de Scyllares, mais l'étude précédente permettra sans doute de combler peu à peu cette lacune. Car tous les Scyllares quittent certainement le phyllosome sous la forme *nisto* et certainement aussi la forme *nisto* comporte deux stades successifs, le premier plus ou moins spinuleux et rugueux, fortement déprimé; le second plus convexe, et à peu près lisse en dehors des carènes. Étant donné le parallélisme frappant qui existe entre le développement des Scyllares et celui des Langoustes, il y a des raisons de croire que ces dernières traversent aussi deux stades *puerulus*, car les puerulus représentent un état post-larvaire qui correspond exactement à celui des nistos.

Ainsi, chaque jour apporte un éclaircissement nouveau à l'histoire, jusqu'ici restée mystérieuse, du développement des Scyllaridés et des Palinuridés. Mais un point reste à élucider : les Scyllares et les Langoustes sont des animaux communs, tandis que le *nisto* des premiers et le *puerulus* des secondes comptent parmi les raretés zoologiques. Où se tiennent normalement ces formes post-larvaires? Depuis leur découverte, on n'a pas retrouvé, que je sache, les nistos de notre Scyllare, et pourtant Sarato observait qu'ils se rencontrent assez communément à Nice, où les pêcheurs au *gangui* les désignent sous le nom de *machottes blanches*. Je signale cette observation aux zoologistes qui fréquentent la Côte d'Azur et les autres parties du littoral méditerranéen.

ALGÈBRE. — *Sur les sommes de puissances semblables des nombres entiers.* Note (¹) de M. **Haton de la Goupillière.**

1. Les sommes de puissances semblables d'exposant k des nombres entiers de 1 à n s'évaluent *chacune au moyen de toutes les précédentes*, en faisant successivement $k = 0, 1, 2, 3, \ldots$, dans la formule classique

$$(1)\qquad S_k = \frac{(n+1)^{k+1}-1}{k+1} - \frac{k}{2}S_{k-1} - \frac{k(k-1)}{2.3}S_{k-2} - \frac{k(k-1)(k-2)}{2.3.4}S_{k-3} - \ldots.$$

J'ai cherché à exprimer au contraire *directement* S_k par un polynome ordonné suivant les puissances de n.

Dans l'égalité précédente, les termes constants se détruisent et le monome du degré le plus élevé est $\frac{n^{k+1}}{k+1}$. Nous poserons donc

$$(2)\qquad S_k = \frac{n^{k+1}}{k+1} + A_k n^k + B_k n^{k-1} + C_k n^{k-2} + \ldots + U_k n^2 + V_k n,$$

à l'aide d'inconnues provisoires qui dépendent à la fois de leurs rangs et de l'exposant fondamental k.

Formulons $S_{k-1}, S_{k-2}, S_{k-3}, \ldots$ en changeant successivement dans ce type général k en $k-1$, $k-2$, $k-3$, ... et substituons ces expressions dans la relation (1); elle deviendra

$$\begin{aligned}
&\frac{n^{k+1}}{k+1} + A_k n^k + B_k n^{k-1} + C_k n^{k-2} + D_k n^{k-3} + \ldots \\
= \;& \frac{n^{k+1}}{k+1} + \frac{n^k}{1} + \frac{k}{1.2}n^{k-1} + \frac{k(k-1)}{1.2.3}n^{k-2} + \frac{k(k-1)(k-2)}{1.2.3.4}n^{k-3} + \ldots \\
& - \frac{k}{1.2}\left(\frac{n^k}{k} + A_{k-1}n^{k-1} + B_{k-1}n^{k-2} + C_{k-1}n^{k-3} + D_{k-1}n^{k-4} + \ldots\right) \\
& - \frac{k(k-1)}{1.2.3}\left(\frac{n^{k-1}}{k-1} + A_{k-2}n^{k-2} + B_{k-2}n^{k-3} + C_{k-2}n^{k-4} + D_{k-2}n^{k-5} + \ldots\right) \\
& - \frac{k(k-1)(k-2)}{1.2.3.4}\left(\frac{n^{k-2}}{k-2} + A_{k-3}n^{k-3} + B_{k-3}n^{k-4} + C_{k-3}n^{k-5} - D_{k-3}n^{k-6} + \ldots\right) \\
& - \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

En égalant séparément à zéro les coefficients des diverses puissances

(¹) Séance du 22 février 1915.

de n, nous formons cet ensemble de relations

$$A_k = 1 - \frac{1}{1.2},$$

$$B_k = \frac{k}{1.2} - \frac{k}{1.2} A_{k-1} - \frac{k}{1.2.3},$$

$$C_k = \frac{k(k-1)}{1.2.3} - \frac{k}{1.2} B_{k-1} - \frac{k(k-1)}{1.2.3} A_{k-2} - \frac{k(k-1)}{1.2.3.4},$$

$$D_k = \frac{k(k-1)(k-2)}{1.2.3.4} - \frac{k}{1.2} C_{k-1} - \frac{k(k-1)}{1.2.3} B_{k-2} - \frac{k(k-1)(k-2)}{1.2.3.4} A_{k-3} - \frac{k(k-1)(k-2)}{1.2.3.4.5},$$

. . . .

On voit que A_k est constant, et par suite B_k multiple de k. Par conséquent, B_{k-1} renferme le facteur $k-1$, et C_k se trouve contenir partout $k(k-1)$. Il s'ensuit que C_{k-1} est de son côté un multiple de $(k-1)(k-2)$, et B_{k-2} de $k-2$; ce qui montre que D_k présente dans tous ses termes le produit $k(k-1)(k-2)$; et ainsi de suite.

2. Le développement (2) prend donc la forme

$$(3) \quad S_k = \frac{n^{k+1}}{k+1} + P n^k + P_1 k n^{k-1} + P_2 k(k-1) n^{k-2} + P_3 k(k-1)(k-2) n^{k-3} + \ldots,$$

avec de nouvelles inconnues P_i qui dépendent de i, mais non plus de k, lequel vient d'être mis en évidence.

Pour déterminer ces coefficients, j'établirai la proposition suivante : *Toute somme* S_k, *quel que soit son ordre* k, *est divisible par le binome* $n+1$. En effet, la suite (1) se termine par $\frac{S_0}{k+1}$, c'est-à-dire $\frac{n}{k+1}$. Si l'on ramène ce terme en tête du développement, on peut l'écrire

$$S_k = \frac{(n+1)^{k+1} - (n+1)}{k+1} - \ldots - \frac{k}{2} S_2 - S_1.$$

Mais S_1, qui termine maintenant la série, a lui-même pour valeur $\frac{n(n+1)}{2}$. Lors donc qu'on fera $k=2$, on obtiendra pour S_2 un multiple de $n+1$; puis, comme conséquence, avec $k=3$, on aura pour S_3 un semblable multiple; et ainsi de suite indéfiniment.

3. J'exprime, d'après cela, que le polynome (3) s'annule pour $n = -1$, quel que soit k :

$$0 = \frac{1}{k+1} - P + P_1 k - P_2 k(k-1) + P_3 k(k-1)(k-2) - \ldots$$

Multiplions par $k+1$, et isolons le premier terme dans un des membres de l'équation; il vient ainsi

$$(4) \qquad \begin{aligned} 1 = {} & (k+1)P - (k+1)kP_1 \\ & + (k+1)k(k-1)P_2 - (k+1)k(k-1)(k-2)P_3 + \ldots \end{aligned}$$

En faisant successivement dans cette égalité $k = 0, 1, 2, 3, \ldots$, nous formerons cette série de conditions du premier degré entre les inconnues P_i :

$$\begin{aligned} 1 &= 2P, \\ 1 &= 3P - 3.2P_1, \\ 1 &= 4P - 4.3P_1 + 4.3.2P_2, \\ 1 &= 5P - 5.4P_1 + 5.4.3P_2 - 5.4.3.2P_3, \\ 1 &= 6P - 6.5P_1 + 6.5.4P_2 - 6.5.4.3P_3 + 6.5.4.3.2P_4, \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

Si maintenant nous constituons des groupes successifs avec les 1, 2, 3, 4, ..., premières de ces équations, chacun de ces systèmes permettra d'exprimer immédiatement la plus avancée des inconnues qu'il renferme, en employant la notation des déterminants.

Le déterminant qui forme le dénominateur de P_i ne renfermant que des zéros d'un côté de sa diagonale, se réduit à son terme principal

$$\pm 2^{i+1}.3^i.4^{i-1}.5^{i-2}\ldots(i-1)^4 i^3 (i+1)^2 (i+2),$$

forme très favorable pour la simplification des fractions; le numérateur subira de son côté une série de simples dédoublements au moyen de ses déterminants mineurs. L'objet de notre recherche se trouve ainsi complètement atteint en ce qui concerne le développement *algébrique* cherché.

4. Quant à l'évaluation *numérique* effective des inconnues, on pourra, si l'on veut, pour plus de simplicité, éviter le mécanisme des déterminants. Leurs valeurs s'obtiennent en effet de proche en proche, en passant consécutivement d'une égalité à la suivante pour y substituer les résultats précé-

demment acquis. Il vient ainsi :

$$P=\frac{1}{2},\qquad P_1=\frac{1}{2^2.3}=\frac{1}{12},\qquad P_2=0,$$

$$P_3=-\frac{1}{2^4.3^2.5}=-\frac{1}{720},\qquad P_4=0,$$

$$P_5=\frac{1}{2^5.3^3.5.7}=\frac{1}{30\,240},\qquad P_6=0,$$

$$P_7=-\frac{1}{2^8.3^3.5^2.7}=-\frac{1}{1\,209\,600},\qquad P_8=0,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\qquad\ldots\ldots$$

Nous pouvons d'après cela dresser le tableau suivant [1] des dix premières sommes :

$$S_0=\frac{n}{1},$$

$$S_1=\frac{n^2}{2}+\frac{n}{2},$$

$$S_2=\frac{n^3}{3}+\frac{n^2}{2}+\frac{n}{6},$$

$$S_3=\frac{n^4}{4}+\frac{n^3}{2}+\frac{n^2}{4}+\mathbf{0},$$

$$S_4=\frac{n^5}{5}+\frac{n^4}{2}+\frac{n^3}{3}+\mathbf{0}-\frac{n}{30},$$

$$S_5=\frac{n^6}{6}+\frac{n^5}{2}+\frac{5}{12}n^4+\mathbf{0}-\frac{n^2}{12}+\mathbf{0},$$

$$S_6=\frac{n^7}{7}+\frac{n^6}{2}+\frac{n^5}{2}+\mathbf{0}-\frac{n^3}{6}+\mathbf{0}+\frac{n}{42},$$

$$S_7=\frac{n^8}{8}+\frac{n^7}{2}+\frac{7}{12}n^6+\mathbf{0}-\frac{7}{24}n^4+\mathbf{0}+\frac{n^2}{12}+\mathbf{0},$$

$$S_8=\frac{n^9}{9}+\frac{n^8}{2}+\frac{2}{3}n^7+\mathbf{0}-\frac{7}{15}n^5+\mathbf{0}+\frac{2}{9}n^3+\mathbf{0}-\frac{n}{30},$$

$$S_9=\frac{n^{10}}{10}+\frac{n^9}{2}+\frac{3}{4}n^8+\mathbf{0}-\frac{7}{10}n^6+\mathbf{0}+\frac{n^4}{2}+\mathbf{0}-\frac{3}{20}n^2+\mathbf{0},$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

---

(1) Pour m'assurer contre toute erreur, en raison de la grande complication de ces calculs, j'ai soumis ces divers polynomes à un triple contrôle : 1° j'ai calculé de nouveau chacun d'eux par la méthode *remontante* à l'aide de la formule (1); 2° j'ai constaté que les neuf derniers s'annulent bien pour $n=-1$; 3° j'ai vérifié leur exactitude numérique dans le cas particulier $n=3$.

5. Les puissances (¹) d'*ordres prépondérants* s'y trouvent disposées en colonnes verticales; celles d'*égal exposant* s'y lisent au contraire suivant des lignes parallèles inclinées. Nous pouvons également instituer des formules qui nous fassent connaître les coefficients d'après ce nouvel ordre.

A cet effet, nous ferons abstraction de l'objectif spécial (concernant les nombres entiers) en vue duquel se sont trouvés introduits le polynome (2) et la formule (1). Nous les considérerons l'un et l'autre en eux-mêmes comme des fonctions d'une variable *continue* n. On peut alors envisager la dérivée S'_k. Nous voyons (2) qu'elle aura comme dernier terme V_k, auquel la réduira l'hypothèse $n = 0$.

Différentions d'après cela l'égalité (1) mise préalablement sous la forme

$$S_k = \frac{(n+1)^{k+1}-1}{k+1} - \ldots - \frac{k(k-1)}{2.3} S_3 - \frac{k}{2} S_2 - S_1 - \frac{S_0}{k+1}.$$

Nous obtiendrons par là

$$S'_k = (n+1)^k - \ldots - \frac{k(k-1)}{2.3} S'_3 - \frac{k}{2} S'_2 - S'_1 - \frac{S'_0}{k+1},$$

et en faisant $n = 0$

$$V_k = 1 - \ldots - \frac{k(k-1)}{2.3} V_3 - \frac{k}{2} V_2 - V_1 - \frac{1}{k+1},$$

car $S_0 = n$, et $S'_0 = 1$. De là l'égalité

$$(5) \qquad \frac{k}{k+1} = V_1 + \frac{k}{2} V_2 + \frac{k(k-1)}{2.3} V_3 + \frac{k(k-1)(k-2)}{2.3.4} V_4 + \ldots,$$

(¹) La recherche qui précède peut aussi être abordée par une autre voie, qui semblera même au premier abord plus directe. En égalant simplement $S_k^{(n)}$ à un polynome indéterminé (sans faire nullement intervenir la formule classique), on exprimera que

$$S_k^{(n+1)} - S_k^{(n)} = (n+1)^k.$$

En développant cette identité et égalant les coefficients de chacune des puissances de n, on se trouve conduit à la forme (3), à partir de laquelle se poursuivent les mêmes calculs.

J'ai dû toutefois préférer le mode précédent, car on sait que la méthode des coefficients indéterminés est à bon droit suspecte lorsqu'on l'applique sans une connaissance suffisamment précise du type cherché, de telle sorte qu'il n'y manque plus que les valeurs mêmes de ses coefficients. Or la formule classique (1) nous procure précisément cette certitude préalable que les deux puissances extrêmes du développement sont n et n^{k+1}. Faute de cette connaissance *a priori*, on se trouve entraîné dans des embarras qu'il est inutile d'analyser ici, puisque nous les évitons avec la marche qui a été suivie.

toute semblable, pour la détermination des V_k, à la relation (4) qui nous a procuré, à l'égard des P_i : d'une part, l'expression algébrique de chacun d'eux à l'aide de la notation des déterminants, et aussi leur évaluation numérique de proche en proche. On retrouve de cette manière très exactement la suite des nombres V_k échelonnés le long de l'*hypoténuse* de notre tableau triangulaire [1].

Ce procédé se généralise d'ailleurs pour nous fournir les autres coefficients. Une seconde différenciation, suivie encore de l'hypothèse $n = 0$, nous fera connaître la série des $U_k(2)$ qui occupent la première parallèle à l'hypoténuse; et ainsi de suite pour les autres inconnues.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1915 a été ouvert à la séance du 15 février et clos à celle du 1er mars.

Le dépouillement des cahiers de vote a donné les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Francœur, Bordin.* — MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Darboux, Boussinesq, Vieille.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lecornu, Duhem.

Cette Commission est également chargée de proposer une question pour le *Grand Prix des Sciences mathématiques* à décerner en 1918.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet, Boileau.* — MM. Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Lecornu, Schlœsing, Haton de la Goupillière, Bertin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Villard.

Cette Commission est également chargée de proposer une question pour le *prix Fourneyron* à décerner en 1918.

---

(1) Il est difficile, à l'aspect de ce tableau, de se défendre de cette double conjecture que les coefficients des diverses sommes S_k (sauf pour le second d'entre eux) soient nuls de deux en deux, et ceux qui subsistent de signes alternés. Mais je n'en possède pas la démonstration. Je n'ai pas voulu pour cela retarder la publication de cette Note, et je me borne à signaler cette supposition à l'attention des chercheurs qu'elle pourrait intéresser. Cette nullité périodique semble pouvoir tenir à ce que la série des coefficients du binome de Newton qui constitue la formule (3) possède, selon la parité de k, un ou deux termes du milieu.

III. Astronomie : *Prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, G. de Pontécoulant.* — MM. Wolf, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Darboux, Lippmann, Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Jordan, Appell.

Cette Commission est également chargée de proposer une question pour le *prix Damoiseau* à décerner en 1917.

IV. Géographie : *Prix Tchihatchef, Gay.* — MM. Grandidier, Bassot, Guyou, Hatt, Bertin, Lallemand, Darboux, Perrier, Prince Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Douvillé.

Cette Commission est également chargée de proposer une question pour le *prix Gay* à décerner en 1918.

V. Navigation : *Prix extraordinaire de six mille francs, Plumey.* — MM. Grandidier, Boussinesq, Deprez, Léauté, Bassot, Guyou, Sebert, Hatt, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu.

VI. Physique : *Prix Hébert, Hugues, H. de Parville, Gaston Planté, Pierson-Perrin.* — MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, N..., Boussinesq, Picard, Carpentier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, d'Arsonval.

VII. Chimie : *Prix Jecker, Cahours, Montyon, Houzeau.* — MM. Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Moureu, Schlœsing, Carnot, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Sabatier.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse, Joseph Labbé, Victor Raulin, Cuvier.* — MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, De Launay, N..., A. Lacroix, Depéret, Gosselet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Zeiller.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, de Coincy, Thore, Rufz de Lavison.* — MM. Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Mangin, Costantin, Perrier, Müntz, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : M. Gautier, le Prince Bonaparte.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Savigny, da Gama Machado.* — MM. Ranvier, Perrier, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal, Grandidier, Müntz, Prince Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Schlœsing, Laveran.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, baron Larrey, Bellion, Mège, Argut, Chaussier, Dusgate.* — MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Charles Richet, Chauveau, Guignard, Roux, Labbé, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Delage, Landouzy.

XII. Physiologie : *Prix Montyon, Philipeaux, Lallemand, Pourat, Fanny Emden.* — MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Richet.

Cette Commission est également chargée de proposer des questions pour les *prix Pourat* à décerner en 1917 et 1918.

XIII. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Darboux, Picard, Carnot, Labbé, Prince Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Violle, Tisserand.

XIV : Histoire des Sciences : *Prix Binoux.* — MM. Darboux, Grandidier, Picard, Appell, Bouvier, Bigourdan, De Launay.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Duhem.

XV. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot.* — MM. Perrier, Jordan, Darboux, A. Lacroix.

XVI. *Prix Henri Becquerel, Gegner, Lannelongue, Gustave Roux, Trémont.* — MM. Perrier, Jordan, Darboux, A. Lacroix, Émile Picard, Zeiller.

XVII. *Prix Wilde.* — MM. Darboux, Lippmann, Picard, Guignard, Violle, A. Lacroix, Le Chatelier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Grandidier, Gautier.

XVIII. *Prix Lonchampt.* — MM. Chauveau, Guignard, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maquenne, Richet.

XIX. *Prix Saintour.* — MM. Jordan, Darboux, Boussinesq, Lippmann, Picard, Léauté, Appell.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Violle, Hamy.

XX. Ouvrages de Sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. Perrier, Jordan, Darboux, A. Lacroix, Picard, Le Chatelier, Carnot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Violle, Gautier, de Freycinet.

XXI. *Prix Vaillant.* — MM. Lippmann, Violle, Le Chatelier, Bouty, Villard, Branly, Moureu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lemoine, Hamy.

XXII. *Grand Prix des Sciences physiques.* — MM. Grandidier, A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Termier, Lallemand, De Launay.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Wallerant, Prince Bonaparte.

XXIII. Question de *prix Bordin* (*Sciences physiques*) à décerner en 1918. — MM. Schlœsing père, Bouchard, Gautier, Perrier, Guignard, A. Lacroix, Barrois.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Douvillé,

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule V du *Bulletin de l'Institut aérodynamique de Koutchino.*

2° Les livraisons XXXIV et XL (nouvelle série) des *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, publiés par la Commission géologique de la Société helvétique des Sciences naturelles.

3° *Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord, le bassin des rivières Wagram et Kakwa*, par Louis Duparc et Marguerite Tikanowitch.

4° *Osteology of the armored Dinosauria in the United States national Museum, witt special reference to the genus Stegosaurus*, by Charles Whitney Gilmore.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Mellish, faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. J. GUILLAUME, présentée par M. B. Baillaud.

ates. 1915.	Temps moyen de Lyon.	✶ — ★. Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	α apparente.	Log. fact. parallaxe.	δ apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
vr. 20....	16.30.59	+0.12,12	+11. 1,9	10: 8	17.15.42,06	—9,432	2.24.17,0	+0,783	*a*
» 20....	17. 2.50	—0. 9,60	+10.35,4	10: 5	17.15.42,92	—9,352	2.24.10,1	+0,781	*b*
» 23....	16. 4.24	»	— 4.18,1	: 6	»	»	2.10.30,2	+0,785	*c*
» 23....	16.14.56	+0.11,50	»	10:	17.19.29,34	—9,451	»	»	*d*
» 25....	16.55.33	+0. 7,41	— 8. 3,1	10:12	17.22. 3,68	—9,334	2. 1. 7,4	+0,784	*e*
» 26....	16.31. 2	—0.30,01	— 2. 1,5	10: 9	17.23.17,64	—9,395	1.56.27,4	+0,785	*f*

Positions des étoiles.

★.	α moyenne 1915,0.	Réduction au jour.	δ moyenne 1915,0.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
a.......	17.15.29,31	+0,63	+2.13.32,1	—17,0	A.G. Albany, 5732
b.......	17.15.51,89	+0,63	+2.13.51,7	—17,0	A.G. Albany, 5733
c.......	17.19.17,15	+0,69	+2.15. 5,5	—17,2	Anon. 10e,5 rapp. à *d*
d.......	17.21.31,27	»	+2.12.45,1	»	A.G. Albany, 5766
e.......	17.21.55,52	+0,75	+2. 9.27,7	—17,2	A.G. Albany, 5782
f.......	17.23.46,88	+0,77	+1.58.46,1	—17,2	A.G. Albany, 5770

Remarques.— La comète a l'aspect d'une nébulosité sensiblement circulaire, bords vagues, d'environ une demi-minute d'arc de diamètre, avec légère condensation ou très petit noyau excentré vers le Sud; son éclat total est de 11e grandeur.

Les observations ont généralement été contrariées par l'état très défavorable et persistant du mauvais temps. Le 20, des nuages gênent, puis arrêtent la deuxième observation. Le 23, le ciel, très beau au début, se couvre rapidement et il neige avant la fin des mesures; l'étoile *c*, à peine repérée, a été rapportée à l'étoile *d* le 25. Le 25, ciel très pur, mais le vent du Nord, assez fort, fait bouger la lunette et lui imprime des déplacements de 7″. Le 26, la Lune, mais surtout un voile cirreux dont l'opacité augmente, a très gêné puis arrêté les mesures.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Mellish, faites à l'Observatoire de Marseille (chercheur de comètes).* Note de M. **Coggia**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1915.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔD.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	D apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Févr. 20...	17.22.14	+3.48,13	+ 6.36,9	15 : 5	17.15.46,05	$\bar{1}$,308	+2.23.11,0	+0,761	1
» 23...	17.31.25	−2.22,66	+ 1.10,4	15 : 5	17.19.33,20	$\bar{1}$,241	+2.10.21,2	+0,762	2
» 25...	17.39.58	+0. 8,36	− 8. 4,6	15 : 5	17.22. 4,28	$\bar{1}$,177	+2. 1. 6,0	+0,763	3

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	R moyenne, 1915,0.	Réduction au jour.	D moyenne, 1915,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1......	6,3	17.11.57,28	+0,64	+ 2.16.51,2	−17,1	5708 Albany
2......	8,9	17.21.55,18	+0,68	+ 2. 9.27,8	−17,0	5770 Albany
3......	8,9	17.21.55,18	+0,74	+ 2. 9.27,8	−17,2	5770 Albany

La comète est diffuse, irrégulière, sans point brillant ni condensation. Éclat 11e.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une courbe dont tout point est un point de ramification.* Note [1] de M. **W. Sierpinski**, présentée par M. Émile Picard.

Le but de cette Note est de donner un exemple d'une courbe cantorienne et jordanienne en même temps, dont tout point est un point de ramification. (Nous appelons *point de ramification* d'une courbe $\mathfrak{C}$ un point p de cette courbe, s'il existe trois continus, sous-ensembles de $\mathfrak{C}$, ayant deux à deux le point p et seulement ce point commun.)

Soient T un triangle régulier donné; A, B, C respectivement ses sommets : gauche, supérieur et droit. En joignant les milieux des côtés du triangle T, nous obtenons quatre nouveaux triangles réguliers (*fig.* 1), dont trois, T_0, T_1, T_2, contenant respectivement les sommets A, B, C, sont situés parallèlement à T et le quatrième triangle U contient le centre du triangle T; nous exclurons tout l'intérieur du triangle U.

Les sommets des triangles T_0, T_1, T_2 nous les désignerons respectivement :

---

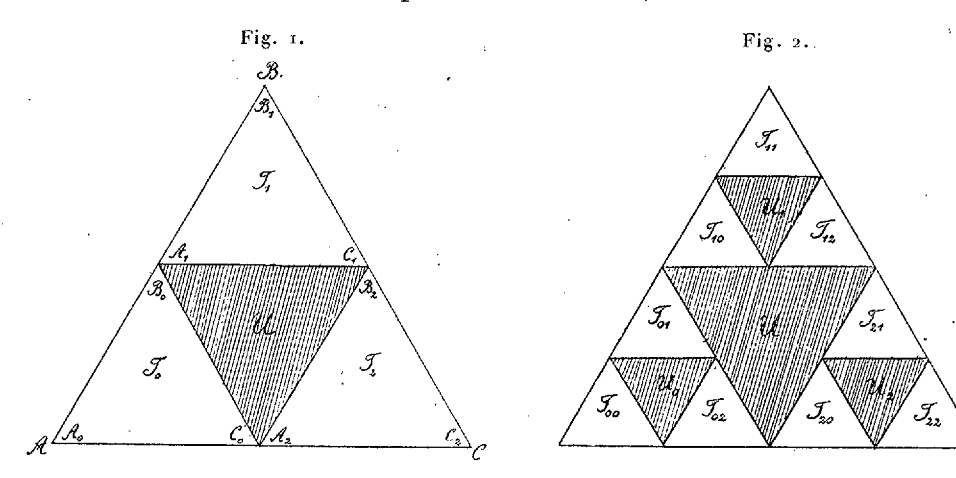
(1) Séance du 1er février 1915.

les sommets gauches, par A_0, A_1, A_2; supérieurs, par B_0, B_1, B_2; droits, par C_0, C_1, C_2.

Opérons sur chacun de triangles T_0, T_1, T_2 comme nous l'avons fait pour le triangle T : nous aurons neuf nouveaux triangles situés parallèlement au triangle T, lesquels nous désignerons par

$$T_{\lambda_1\lambda_2}(\lambda_1 = 0, 1, 2; \lambda_2 = 0, 1, 2)$$

et leurs sommets respectivement par $A_{\lambda_1\lambda_2}$, $B_{\lambda_1\lambda_2}$, $C_{\lambda_1\lambda_2}$, et trois nouveaux triangles U_0, U_1, U_2, situés parallèlement à U, dont les intérieurs seront



exclus (*fig.* 2). Avec chacun des triangles $T_{\lambda_1\lambda_2}$ procédons de même et ainsi de suite, en désignant toujours par $A_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$, $B_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$, $C_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$ respectivement les sommets de gauche, supérieur et droit du triangle $T_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$ et par $T_{\lambda_1\ldots\lambda_n 0}$, $T_{\lambda_1\ldots\lambda_n 1}$, $T_{\lambda_1\ldots\lambda_n 2}$ les nouveaux triangles, contenant respectivement les sommets $A_{\lambda_1\ldots\lambda_n}$, $B_{\lambda_1\ldots\lambda_n}$, $C_{\lambda_1\ldots\lambda_n}$; enfin par $U_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$, le triangle situé parallèlement à U et inscrit dans $T_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$.

Soit $\mathfrak{S}$ l'ensemble de tous les points du triangle T qui ne sont pas intérieurs à aucun des triangles

$$U, U_0, U_1, U_2, U_{00}, U_{01}, \ldots, U_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}.$$

On voit sans peine que l'ensemble $\mathfrak{S}$ est un continu non dense dans le plan : c'est donc une courbe cantorienne.

Soit p un point de la courbe $\mathfrak{S}$ qui n'est pas un sommet du triangle T et d'aucun des triangles $T_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$. On voit sans peine qu'il existe une suite infinie d'indices 0, 1, 2, bien déterminée par le point p :

$$\alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \alpha_3, \ldots$$

telle que le point p est un point de tout triangle de la suite

(1) $$T_{\alpha_1}, \quad T_{\alpha_1\alpha_2}, \quad T_{\alpha_1\alpha_2\alpha_3}, \ldots.$$

Considérons la suite infinie des sommets

$$A_{\alpha_1}, \quad A_{\alpha_1\alpha_2}, \quad A_{\alpha_1\alpha_2\alpha_3}, \ldots$$

et soit P l'ensemble formé par le point p et par tous les points de chacun des segments

(2) $$A_{\alpha_1\ldots\alpha_i} \; A_{\alpha_1\ldots\alpha_{i+1}} \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots).$$

Plusieurs de ces segments peuvent se réduire aux points, mais une infinité d'entre eux a une longueur positive, car autrement nous aurions $A_{\alpha_1\ldots\alpha_i} \equiv A_{\alpha_1\ldots\alpha_i\alpha_{i+1}}$ pour $i = k, k+1, \ldots$ et le point $A_{\alpha_1\ldots\alpha_k}$ serait commun pour tous les triangles (1), ce qui donnerait $A_{\alpha_1\ldots\alpha_k} \equiv p$, contre l'hypothèse que p n'est un sommet d'aucun des triangles $T_{\lambda_1\ldots\lambda_n}$.

L'ensemble P est donc un ensemble infini. Il est aisé de voir que c'est un ensemble fermé et d'un seul tenant : l'ensemble P est donc un continu. D'autre part, P est évidemment sous-ensemble de l'ensemble $\mathfrak{S}$.

De même, en partant des suites infinies $B_{\alpha_1}, B_{\alpha_1\alpha_2}, B_{\alpha_1\alpha_2\alpha_3}, \ldots$ et $C_{\alpha_1}, C_{\alpha_1\alpha_2}, C_{\alpha_1\alpha_2\alpha_3}, \ldots$, nous définirons respectivement les continus Q et R.

Je dis que les continus P, Q et R ont deux à deux seulement le point p commun.

En effet, supposons que P et Q ont un point commun p', différent de p. Le point p', comme un point de P autre que p, sera un point initial ou intérieur d'un des segments de longueur non nulle de la suite (2), par exemple du segment

(3) $$A_{\alpha_1\ldots\alpha_k} \, A_{\alpha_1\ldots\alpha_k\alpha_{k+1}}$$

et, de même, pour un indice l, p' sera un point du segment

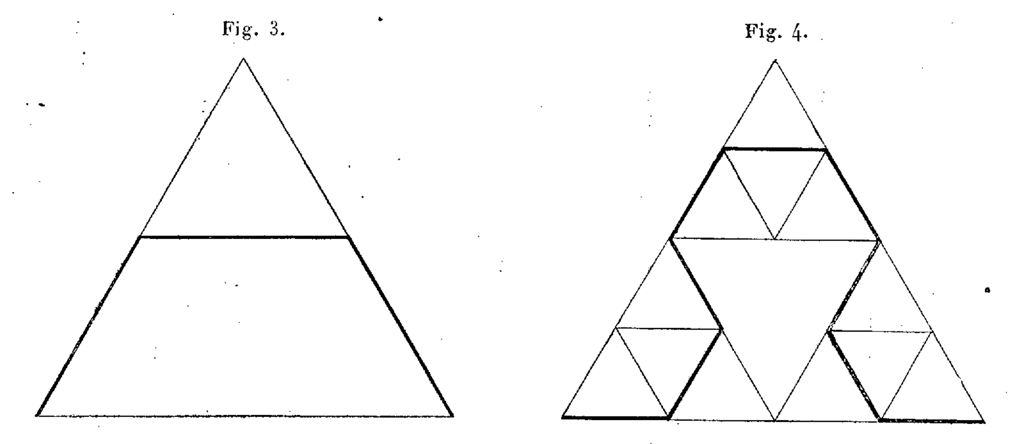
(4) $$B_{\alpha_1\ldots\alpha_l} \, B_{\alpha_1\ldots\alpha_l\alpha_{l+1}}.$$

Dans le cas $k = l$ on voit sans peine (en discutant séparément les trois cas $\alpha_{k+1} = 0, 1, 2$) que les segments (3) et (4) n'ont pas de points communs. Si $k \neq l$, par exemple $k < l$, on voit aisément que le segment (4) appartient au triangle $T_{\alpha_1\ldots\alpha_{k+1}}$, tandis que tous les points du segment (3), sauf le point $A_{\alpha_1\ldots\alpha_{k+1}}$ sont extérieurs au triangle $T_{\alpha_1\ldots\alpha_{k+1}}$. Dans aucun de ces cas le point p' ne peut être en même temps initial ou intérieur pour les segments (3) et (4). Nous avons donc démontré que les continus P et Q n'ont pas de points communs autres que p.

Nous avons donc démontré que tout point de la courbe $\mathfrak{S}$ qui n'est pas un sommet du triangle T et d'aucun des triangles $T_{\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_n}$ est un point

de ramification de la courbe $\mathfrak{S}$. Quant aux sommets des triangles $T_{\lambda_1 \ldots \lambda_n}$ (excepté les sommets du triangle T), on voit sans peine que dans chacun

Fig. 3. Fig. 4.

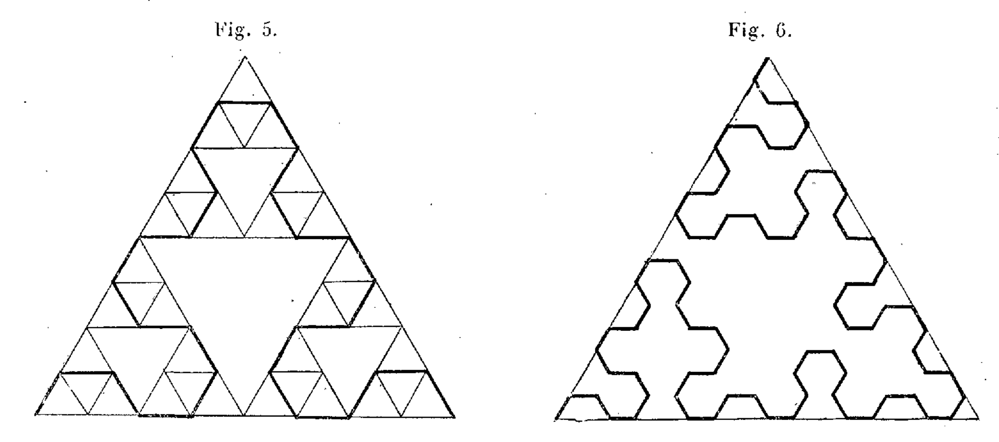


d'eux se rencontrent quatre segments différents, situés entièrement sur l'ensemble $\mathfrak{S}$.

Donc, tous les points de la courbe $\mathfrak{S}$, sauf peut-être les points A, B, C, sont ses points de ramification.

Pour obtenir une courbe dont tous les points sans exception sont ses

Fig. 5. Fig. 6.



points de ramification, il suffit de diviser un hexagone régulier en six triangles réguliers et dans chacun d'eux inscrire une courbe $\mathfrak{S}$.

Remarquons qu'on pourrait démontrer sans peine que la courbe $\mathfrak{S}$ est une courbe jordanienne. Or, la courbe $\mathfrak{S}$ peut être regardée comme limite d'une suite de lignes brisées dont les premiers termes représentent les figures 3, 4, 5 et 6.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la réduction catalytique de l'indigo et des colorants pour cuve.* Note (¹) de M. **André Brochet**, présentée par M. A. Haller.

Les recherches que j'ai entreprises sur l'hydrogénation catalytique des liquides en présence des métaux communs (²), laquelle s'applique également aux corps solides en suspension dans l'eau, m'ont conduit à un nouveau procédé de réduction de l'indigo, de dérivés substitués de l'indigo et du thioindigo, de colorants pour cuve, c'est-à-dire de colorants qui sont régénérés par simple oxydation de leur leuco-dérivé, sous l'influence de l'oxygène atmosphérique, et enfin de certains colorants dont le leuco-dérivé demande pour régénérer le produit primitif un oxydant plus énergique que l'air.

La réduction de l'indigo s'effectue au moyen de l'hydrogène et en présence d'un métal hydrogénant quelconque. On peut, soit avoir recours aux métaux nobles : platine, palladium, etc. employés sous forme de noir ou de métal colloïdal, soit utiliser les métaux communs : nickel, cobalt, fer, etc. provenant, par exemple, de la réduction de leurs oxydes au moyen de l'hydrogène.

Dans la présente Note je m'occuperai plus particulièrement de la réduction de l'indigo en présence de *nickel actif*.

L'indigo sec ou sous forme de pâte est mis en suspension dans l'eau tenant en dissolution un peu de soude caustique et l'on ajoute du *nickel actif*, noyé à l'abri de l'air, dans de l'eau bouillie, aussitôt sa réduction. Si l'on agite ce mélange dans une atmosphère d'hydrogène, on constate la décoloration de l'indigo et son passage à l'état d'indigo blanc qui donne aussitôt la solution jaune verdâtre bien connue.

L'action se produit déjà à la température ordinaire, elle est excessivement rapide surtout si l'on opère vers 60°-80°. Elle a lieu également en présence de chaux; mais contrairement aux autres systèmes de réduction de l'indigo, elle s'effectue également hors de la présence des alcalis, en milieu neutre. Dans ce cas, l'opération se poursuit un peu plus lentement.

On peut employer les proportions suivantes : on délaye 10^g d'indigo artificiel et 5^g de *nickel actif* dans 250^{cm^3} d'eau additionnée de 10^{cm^3} de lessive de soude caustique. Le tout est placé au contact d'une atmosphère d'hydrogène, dans l'appareil en verre précédemment décrit (³). La température est maintenue vers 70°. La réduction est

(¹) Séance du 22 février 1915.

(²) André Brochet, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1351.

(³) André Brochet, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 15, 1914, p. 554.

complète au bout de 40 minutes d'agitation pour une absorbtion de 910^{cm^3} d'hydrogène (mesuré humide, vers 15°). Le liquide filtré, pour le séparer du nickel, donne au contact de l'air une abondante fleurée bleue et l'indigo blanc se transforme d'autant mieux en indigo bleu que la solution ne risque pas de renfermer un excès de réducteur, ainsi que cela peut avoir lieu avec des réducteurs solubles, comme l'hydrosulfite. La proportion d'indigo en suspension pourra être considérablement augmentée.

En raison de la facilité de la réduction, l'opération peut être montée comme expérience de cours et l'on peut aisément se rendre compte de la vitesse d'absorption de l'hydrogène, de la transformation de l'indigo bleu en indigo blanc, puis de la réaction inverse.

Si l'on compare ce procédé au procédé Schützenberger, le plus en usage à l'heure actuelle, il est aisé de voir que 10^{kg} d'indigo pur (P. M. : 262) exigent pour leur réduction 7^{kg} d'hydrosulfite de sodium anhydre (exactement $6^{kg},641$ de produit supposé à 100 pour 100 $S^2O^4Na^2$), alors que, par la méthode catalytique, il faut 1^{m^3} d'hydrogène (exactement $76^g,3$ d'hydrogène ou 851^l à 0° et 760^{mm}).

Le dispositif que j'ai indiqué précédemment comporte l'emploi d'un compteur à gaz très sensible, qui permet de suivre d'une façon très nette la marche des opérations et de comparer la vitesse de réduction de différents échantillons. J'ai pu observer ainsi que pour une même marque d'indigo synthétique, le produit qu'on trouve en pâte dans le commerce est réduit plus rapidement que le produit vendu à l'état sec. J'ai pu constater, en outre, que le *nickel actif* conserve ses propriétés pendant un temps fort long et que l'activité de ce catalyseur, abandonné pendant un an sous l'eau, reste du même ordre de grandeur.

L'hydrogène moléculaire pourra donc, en présence de catalyseurs, effectuer la saturation de la liaison éthylénique réunissant les deux noyaux constitutifs de l'indigo bleu :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}NH\\CO\end{matrix}\right\rangle C = C\left\langle\begin{matrix}NH\\CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4,$$

et opérer sa transformation en indigo blanc. Mais cette transformation est accompagnée d'une transposition moléculaire, l'indigo blanc répondant à la formule (en admettant le dérivé sodé) :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}NH\\C\\|\\O.Na\end{matrix}\right\rangle\!\!\!= C - C =\!\!\!\left\langle\begin{matrix}NH\\C\\|\\O.Na\end{matrix}\right\rangle C^6H^4.$$

La double liaison qui existe alors dans chaque noyau n'étant pas satu-

rable dans les conditions de l'essai, le terme indigo blanc ne sera pas dépassé.

Le présent procédé présente donc l'avantage de permettre d'obtenir économiquement des solutions concentrées d'indigo blanc, exemptes d'impuretés et de sels, qui pourront être concentrées dans le vide afin d'obtenir l'indigo blanc en pâte que certaines fabriques ont introduit dans le commerce depuis quelques années.

MINÉRALOGIE. — *Un mélaphyre permien des Pyrénées ariégeoises.* Note de M. **J. Caralp**.

Au-dessus des gîtes ferrifères de Bargnac et des Audreaux, subordonnés aux grès rouges saxoniens, se développent, aux environs de Nescus (Ariège), sous forme de coulées relativement épaisses, des masses noirâtres à facies basaltique, devenant roussâtres ou grises sous l'influence des agents atmosphériques.

L'examen macroscopique et optique de ces roches, dont la texture est presque toujours amygdalaire, montre qu'elles sont essentiellement composées de plagioclases, d'augite plus ou moins calcifiée et d'autre part de péridot, disséminés sans ordre dans un magma où abonde, à l'état microlitique, un feldspath basique qui, par ses extinctions en lumière polarisée, paraît devoir être rapporté au labrador.

De cette composition minéralogique, sensiblement la même quel que soit le facies des échantillons, il résulte que la roche de Nescus doit être classée dans la catégorie des mélaphyres augitiques.

Les minéraux accessoires sont peu représentés : on n'y rencontre guère que la magnétite et le fer titané, principalement inclus dans les minéraux basiques.

En revanche, les minéraux secondaires sont nombreux; à la décomposition de la matière feldspathique et aussi à celle du pyroxène se rapportent la calcite grenue qui remplit les veines de la roche, la calcite géodique en rhomboèdres zonés, en outre divers produits zéolitiques à base de chaux. D'autre part, l'altération de ces silicates, mettant en liberté la silice, donne fréquemment naissance à de beaux sphérolites calcédonieux (quartzine et calcédonite).

A la décomposition de l'augite se rattache un produit chloriteux de

couleur verte, la delessite, plus spécialement cantonnée sur les parois des cavités amygdalaires.

Quant au péridot, il présente, dans son altération, des processus différents :

1° Tantôt il se transforme par épigénie en un minéral vert, nettement polychroïque, devenant rouge et jaune, par altération sur la périphérie des cristaux et le long des cassures.

On doit le rapporter à la bowlingite.

2° Dans d'autres cas, l'altération du péridot donne naissance à un produit vert pâle d'apparence nuageuse, dénué d'ailleurs de polychroïsme et présentant entre les nicols croisés la polarisation d'agrégat. A de forts grossissements, la matière se montre composée de fibres grises, parfois légèrement bleutées, différemment orientées et constituant par leur assemblage une sorte de feutrage irrégulier.

3° Ailleurs, et le cas est fréquent, le péridot est plus ou moins converti en produits ferrugineux : tantôt c'est une simple rubéfaction de la surface; tantôt, et c'est le plus souvent, la couche rouge est recouverte d'une pellicule plus ou moins épaisse de nature métallique qui, à la lumière réfléchie, présente l'éclat et la couleur de l'acier poli. Les réactions chimiques et aussi l'examen de la matière en lumière transmise indiquent qu'on est en présence d'hématite.

Dans ce dernier cas, si la transformation épigénique est superficielle, la matière métallique disparaît rapidement à l'usure; pour peu qu'on pousse trop loin la minceur des lamelles destinées à l'examen optique, il ne reste plus sur le péridot décoloré que des taches, généralement diffuses, de couleur jaune ou rougeâtres.

Ainsi qu'il a été dit, ce mélaphyre constitue, à la partie supérieure des grès et argiles rouges du Saxonien, une nappe nettement définie; mais au-dessus se trouve une deuxième coulée, plus réduite d'ailleurs, ayant pour mur et pour toit des calcaires siliceux ou dolomitiques paraissant représenter dans cette contrée l'étage thuringien. Il résulte de cette particularité que l'épanchement volcanique date des derniers temps de l'époque primaire.

Le mélaphyre de Nescus, qui présente de nombreuses variations comme composition et comme texture, est particulièrement développé sur la rive droite de l'Arize en amont de Labastide de Sérou et tout spécialement sur les hauteurs de Bargnac et des Andreaux. Plus loin, dans la direction de Foix, nous n'avons recueilli que des débris épars. Mais sa présence, à l'état de galets, dans le poudingue éocène de Loubens, donne à présumer, les conditions géologiques étant les mêmes, qu'on pourra trouver en place dans la contrée située au Sud, soit au bas de la montagne d'Alzen, soit sur

le territoire de Montels et de Cadarcet, quelques lambeaux de coulées ayant échappé à l'ablation.

Son extension vers l'Ouest, dans la direction de Castelnau-Durban, est également probable, étant donné que dans l'intervalle, mais un peu en dehors de la zone primaire, on retrouve, à l'état de fragments, et engagées dans un tuf avoisinant Ségalas, des roches, très altérées d'ailleurs, ayant le facies et, jusqu'à un certain point, la composition de celles qui, à Nescus, proviennent de la décomposition du mélaphyre.

M. Lacroix, qui a fait une étude détaillée de cet agglomérat (*Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 146), y a reconnu des bombes volcaniques, des scories et autres matériaux de projection, et en outre des minéraux divers, pour la plupart d'origine secondaire, identiques à ceux qu'on trouve dans la roche altérée de l'Arize.

Les tufs de Ségalas représenteraient, par suite, les matériaux remaniés d'un volcan permien dont les parties aériennes, cône et cratère, et les éléments de projection auraient été entraînés au large jusqu'au milieu des sédiments liasiques.

A la même venue interne il semble qu'on puisse rapporter une roche similaire, jusqu'ici rencontrée seulement à l'état erratique. Elle a de grandes analogies avec la roche de Nescus, du moins en ce qui concerne le deuxième stade de consolidation; mais elle s'en sépare essentiellement en ce que, dans le magma microlitique, où sont noyés le péridot et le pyroxène, se montrent, toujours maclés et avec des dimensions relativement grandes, des feldspaths plagioclases le plus souvent corrodés sur les bords.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'azote libre et les plantes supérieures.* Note (¹) de M. **Marin Molliard**, présentée par M. G. Bonnier.

La question de l'utilisation possible de l'azote libre par les plantes supérieures paraissait avoir reçu une réponse définitive à la suite des travaux de Boussingault; si l'on met à part les végétaux, tels que les Légumineuses, qui profitent de l'azote de l'air par l'intermédiaire de microorganismes symbiotiques, on considérait jusqu'à ces dernières années comme parfaitement

(¹) Séance du 22 février 1915.

établi que par elle-même une plante vasculaire est absolument incapable d'effectuer la synthèse de substances protéiques à partir de l'azote libre.

Des doutes viennent d'être émis au sujet de cette notion; d'une part, Jamieson (1) a cru pouvoir avancer que l'azote de l'air est absorbé et utilisé par certains poils qui fonctionneraient comme agents de synthèse des substances protéiques; d'autre part, Mameli et Pollacci (2), sans admettre les vues de Jamieson sur le mécanisme même du phénomène, ont trouvé, dans des végétaux cultivés aseptiquement, une quantité d'azote organique plus considérable que celle qui correspond à la somme de l'azote contenu dans la plantule et de l'azote combiné emprunté à la solution nutritive; les auteurs arrivent ainsi à adopter les conclusions de G. Ville, celles dont Boussingault paraissait avoir démontré l'inexactitude.

Œs (3) a rapporté depuis l'assimilation de l'azote libre par l'*Azolla*, dans les expériences de Mameli et Pollacci, à l'existence d'*Anabœna*, Algue vivant en symbiose avec la plante cultivée; mais il reste toute une série de plantes considérées par les savants italiens, pour lesquelles on ne connaît aucune association de ce genre et qui auraient également fixé de l'azote libre. Parmi ces plantes figure le Radis (*Raphanus sativus*); les auteurs italiens ont montré qu'en culture aseptique, ou du moins considérée comme telle, à l'abri de l'ammoniaque et de l'acide azotique de l'air, un échantillon de cette espèce peut contenir un excès de $7^{mg},9$ d'azote par rapport à celui qui est contenu dans la graine et celui qui provient de la solution.

La question est d'importance et j'ai cherché à me faire à son égard une opinion personnelle. J'ai procédé à des cultures rigoureusement aseptiques de Radis, ensemencés sur de la ponce granulée imbibée d'une solution dont la composition était la suivante :

Eau distillée	1000
Sulfate de magnésium	0,25
Chlorure d'ammonium	0,50
Chlorure de potassium	0,25
Phosphate monocalcique	0,25
Sulfate ferreux	traces
Glucose pur	50

(1) Jamieson, *Utilisation of nitrogen in air by plants* (*Agric. Research Assoc.*, 81, 1905).

(2) Mameli e Pollacci, *Sull'assimilazione diretta dell'azoto atmosferico libero nei vegetali* (*Atti Ist. bot. Pavia*, 2e série, t. 14, 1911, p. 159-257).

(3) Œs, *Ueber die Assimilation des freien Stickstoffs durch Azolla* (*Zeitschr. f. Bot.*, t. 5, 1913, p. 145).

Il en était introduit dans chaque tube de culture un volume exactement jaugé de 60^{cm^3}. Les expériences ont duré 7 semaines et ont été effectuées avec des graines dont le poids était compris entre 14^{mg} et 15^{mg}, ce qui correspondait, pour la plantule, à une teneur moyenne en azote de $0^{mg},66$.

D'autre part, j'ai constaté qu'on pouvait déplacer toute l'ammoniaque des liquides en présence de la ponce, à condition de pulvériser celle-ci et de recueillir à la distillation en présence de potasse un volume de liquide assez considérable; c'est de la sorte que le substratum a été analysé à la fin des cultures en ce qui concerne l'ammoniaque inutilisée.

La quantité d'azote introduite dans chaque tube à l'état de sel ammoniacal était de $7^{mg},83$; la plantule possédant $0^{mg},66$ d'azote il se trouve qu'on a introduit dans les cultures un poids total de $7,83 + 0,66 = 8^{mg},49$ d'azote. Il suffit de comparer ce nombre à celui qu'on obtient en additionnant l'azote ammoniacal restant dans la solution et l'azote total de la plante pour être fixé sur la possibilité d'une fixation de l'azote de l'air. Pour doser l'azote total des plantes j'ai employé la méthode de Kjeldahl.

Les résultats obtenus, en prenant toutes les précautions en ce qui concerne l'établissement du titre exact des solutions d'acide sulfurique et de potasse employées pour ce dosage (solutions normales étendues 50 fois), sont consignés dans le Tableau suivant qui se rapporte à 10 cultures différentes et à leur moyenne :

Numéros es echantillons.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Moyenne.
Azote de la solution au début..	4,52	2,92	4,14	3,23	3,09	3,10	4,02	2,98	3,97	3,38	3,53
Azote de la plante............	4,16	5,55	4,22	5,10	5,49	5,24	4,59	5,43	4,42	5,28	4,95
Azote final total...............	8,68	8,47	8,36	8,33	8,58	8,34	8,61	8,41	8,39	8,66	8,48
Différence avec l'azote initial total (8,49)................	+0,19	−0,02	−0,13	−0,16	+0,09	−0,15	+0,12	−0,08	−0,10	+0,17	−0,01

L'erreur possible portant sur l'évaluation de l'azote des graines, dont le poids peut varier de 1^{mg}, est de $0^{mg},05$; d'autre part, dans chacune des trois analyses acidimétriques, on peut évaluer à $0^{cm^3},2$ près le volume de potasse de la solution de $\frac{N}{50}$ déterminant le virage de l'indicateur employé (alizarine sulfonate de sodium), ce qui correspond encore pour chaque lecture à une erreur d'environ $0^{mg},05$; au total, l'erreur maxima est de $0^{mg},2$; on voit que jamais ce nombre n'est dépassé dans les résultats obtenus.

Je suis donc amené à conclure avec Boussingault que le Radis est incapable d'utiliser l'azote libre de l'air; à la vérité, je me suis placé, pour ces

premières expériences, dans des conditions un peu spéciales; les plantes ont toujours eu à leur disposition de l'azote combiné et, d'après Mameli et Pollacci, l'assimilation de l'azote de l'air serait favorisée par la faim de la plante en azote combiné; d'autre part, les plantes ont à leur disposition du glucose et, de ce fait, leur nutrition a été en grande partie saprophytique; je reviendrai prochainement sur ce qu'on observe dans diverses autres conditions, mais dès maintenant je puis avancer que les plantes provenant de graines mises à germer, en tubes fermés à l'ouate, sur une solution exempte dès le début d'azote combiné, n'ont jamais offert un poids d'azote supérieur à celui qui existait dans la graine. Il n'en est naturellement pas de même de plantes dont la tige a été amenée à se développer à l'air libre, la racine restant dans le liquide nourricier maintenu aseptique; on observe alors une augmentation de l'azote dans la plante, due à l'azote combiné de l'air; mais, même dans ces conditions, je n'ai pu observer qu'une augmentation de $1^{mg},32$ pour des plantes parvenues à la limite extrême de leur développement, augmentation bien inférieure à celle ($7^{mg},9$) que Mameli et Pollacci ont signalée dans leurs cultures.

TOXICOLOGIE. — *Sur un emploi de la frigorification en analyse toxicologique.* Note de M. **Georges-A. Le Roy**, présentée par M. Charles Moureu.

On sait que, dans les opérations de l'analyse toxicologique, il faut mettre en état d'extrême division les matières (organes, viscères, etc.) à traiter par les réactifs, que ceux-ci soient des acides destinés à fluidifier ou détruire la matière organique, ou que ce soient des dissolvants neutres (alcool, éther, etc.) utilisés pour isoler les produits alcaloïdiques.

Pour réaliser cette division des matières on se sert de hachoirs, ou, mieux, d'appareils spéciaux pour réduire la viande en pulpe.

Cependant certains viscères ou organes, surtout s'ils ont subi une décomposition avancée, se hachent avec difficulté, étant donné leur état pâteux et élastique.

Ayant rencontré ces difficultés à l'occasion d'analyses toxicologiques, j'ai cherché le moyen de les pallier. A cet effet, j'ai imaginé de soumettre les matières à une frigorification suffisante, pour réaliser leur complète congélation et leur donner ainsi un état de consistance tel que l'action des lames du hachoir devienne facile et efficace. Par ce moyen, j'ai obtenu,

sans difficulté, la mise en pulpe neigeuse, à l'orifice d'éjection du hachoir, des matières ainsi amenées à un état de complète homogénéité et d'extrême division, et, par conséquent, aptes à être fluidifiées par l'acide, ou lessivées par le dissolvant neutre.

Pour réaliser la congélation, je place pendant quelques heures (de 10 à 24 heures) les matières à traiter dans l'un des compartiments d'une armoire frigorifique de laboratoire, amené à la température de — 6° à — 10° C. La masse ainsi congelée «à cœur», est rapidement passée au hachoir. Au besoin on congèle à nouveau pour repasser au hachoir. Ce dernier appareil peut être assujetti dans le compartiment frigorifique, de façon à effectuer l'opération dans une ambiance refroidie, et éviter une décongélation prématurée.

A défaut d'armoire frigorifique, l'analyste pourrait faire appel au concours soit d'une usine frigorifique travaillant par congélation des denrées périssables, de façon à pouvoir utiliser une chambre froide, soit d'une fabrique de glace artificielle (comme il en existe maintenant dans nombre de villes), de manière à pouvoir placer la caisse étanche renfermant les matières, dans le bain de saumure des mouleaux, qui travaille habituellement, on le sait, de — 6° à — 10° C. Enfin l'analyste peut réaliser la congélation au moyen d'un des mélanges réfrigérants classiques.

Ce procédé a, par ailleurs, l'avantage appréciable d'atténuer, dans une large mesure, les côtés nauséabonds du hachage de viscères et analogues, opération très désagréable pour l'expert toxicologue, quand le devoir professionnel l'astreint à travailler sur des matières putréfiées.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures un quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MARS 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès d'un Associé étranger et donne lecture de la Notice suivante, due à M. E. Bouty :

Hittorf, né à Bonn le 27 mars 1824, professeur de Physique à l'Université de Münster, est surtout connu par ses recherches classiques, datant déjà d'un demi-siècle, sur les décharges électriques dans les gaz raréfiés et sur l'électrolyse.

Il étudia en particulier (1869) les rayons cathodiques découverts par son maître Plücker. Il découvrit l'action exercée sur eux par le champ magnétique, sur laquelle Crookes devait également plus tard attirer l'attention. Il reconnut la difficulté extrême que la décharge éprouve à passer dans un vide très avancé et il établit ce fait, en apparence paradoxal, que, dans ce cas, de deux trajets possibles, la décharge choisit le plus long.

En électrolyse (1853), il prouva que beaucoup d'électrolytes subissent un appauvrissement inégal aux deux pôles. Il interpréta ce fait par une inégale vitesse de déplacement des deux ions à l'intérieur du liquide électrolytique.

Dans ces deux ordres de recherches, il fut un précurseur. Ses expériences, très soignées, abondent en renseignements, dont un grand nombre ont été mis à profit par ses successeurs. Il est mort à un âge très avancé et il a pu assister aux grands progrès de la science dont ses travaux contenaient le germe.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le premier fascicule (janvier 1915) des *Proceedings of the* National Academy of Sciences (États-Unis).

2° Plusieurs fascicules du *Bulletin de la* Commission géologique de Finlande.

3° Fritz Sarasin et Jean Roux. *Nova Caledonia : A. Zoologie*, Vol. II, livr. 1. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

PHYSIQUE. — *Les phénomènes de diffraction et le mouvement de la Terre.* Note (¹) de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

On s'appuie généralement, pour nier l'influence du mouvement de la Terre sur les phénomènes de diffraction, sur la conclusion du Mémoire magistral de Mascart (²). Mais il y a dans ce Mémoire une faute de calcul, et, cette faute corrigée, la conclusion est tout autre.

Soit un réseau recevant normalement les rayons issus d'un collimateur. En l'absence de tout mouvement, la déviation δ pour le premier spectre est donnée par la formule classique

$$\sin\delta = \frac{\lambda}{\varepsilon}.$$

Si, au contraire, le réseau se déplace dans son plan avec une vitesse v perpendiculaire à ses traits, Mascart écrit (³) que la déviation absolue δ_1 et la déviation apparente δ' sont données par les formules

$$\sin\delta_1 = \sin\delta\,(1 + a\sin\delta), \tag{1}$$

$$\delta' = \delta_1 + \theta - \theta' = \delta_1 - a(1 - \cos\delta_1), \tag{2}$$

(¹) Séance du 1er mars 1915.

(²) *Modifications qu'éprouve la lumière par suite du mouvement de la source ou de l'observateur* (*Annales de l'École Normale*, 1872).

(³) *Loc. cit.*, p. 185.

dans lesquelles a désigne le rapport de la vitesse v à la vitesse de la lumière, θ et θ' des angles très petits faciles à contrôler sur la figure annexée.

De l'équation (2) on tire, en négligeant les termes en a^2 et tenant compte de (1) :

$$(3) \qquad \sin\delta' = \sin\delta_1 - a(1-\cos\delta_1)\cos\delta_1 = \sin\delta + a(1-\cos\delta).$$

Or Mascart conclut que $\delta = \delta'$, c'est-à-dire que, comme dans les autres cas envisagés par lui, le mouvement de la Terre ne peut produire aucun effet du premier ordre.

D'ailleurs, il ne semble pas avoir examiné ce cas expérimentalement; car dans toutes les expériences qu'il rapporte, faites vers midi, et ayant pour but de rechercher l'effet possible du déplacement de la Terre sur son orbite, le collimateur était dirigé alternativement à l'Est et à l'Ouest, et il n'est pas fait mention d'arrêts au Nord et au Sud.

Depuis cette époque, on a effectué de nombreuses déterminations de longueurs d'onde sans se préoccuper de l'orientation de l'appareil, et la concordance des mesures montre que le mouvement de la Terre n'apporte aucune perturbation de l'ordre de celle annoncée par la formule (3). Mais ces mesures n'étant pas effectuées sous l'incidence normale, il nous a paru désirable, à M. Décombe et à moi, de combler cette lacune.

Sur la plate-forme d'un goniomètre de Gautier, muni d'objectifs de 90^{cm} de distance focale, nous avons installé un réseau de Rowland portant 568 traits par millimètre. Sous l'incidence normale, la radiation jaune du néon donne dans le second spectre une déviation d'environ 43°. La variation à observer quand, à midi, le collimateur passe du Nord au Sud est d'environ 8 secondes, dont le quart serait facilement observable.

Il revient au même de laisser l'appareil fixe, et d'observer la position de l'image à différentes heures. On voit aisément qu'au solstice, le plan du réseau étant EO, la variation de $\sin\delta$ entre midi et minuit devrait être $2a(1-\cos\delta)$, a étant ici l'aberration, c'est-à-dire 10^{-4} environ. Si le réseau était dirigé NS, cette variation se réduirait à $2a(1-\cos\delta)\sin\lambda$ entre 6^h et 18^h, λ étant la latitude.

A l'équinoxe, on aurait de même

$$2a(1-\cos\delta)\cos\alpha \quad \text{et} \quad 2a(1-\cos\delta)\times\sin(\lambda+\alpha),$$

α étant l'angle de l'équateur avec l'écliptique.

Or *les observations*, faites à 12^h et à 19^h dans la première condition, et à 8^h et 18^h dans la deuxième, *n'ont donné aucun résultat*. Il restait donc à trouver le défaut du raisonnement élémentaire de Mascart. Le voici :

Ce savant admet que les rayons issus, par exemple, du foyer du collimateur arrivent en concordance de phase aux divers points du réseau. C'est bien ce qui a lieu lorsque la vitesse v est perpendiculaire au plan du réseau. Mais il est facile de voir que, dans le cas qui nous occupe, l'onde issue de ce foyer aborde le réseau sous l'angle a. Les formules (1) et (2) sont donc inexactes.

Remarque. — Il est clair que les observations qui précèdent s'appliquent aussi bien au mouvement général de la Terre dans l'espace qu'à son déplacement sur l'écliptique.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *La catalyse dans l'oxydation des sulfites alcalins.* Note (¹) de M. **Émile Saillard**, transmise par M. Paul Sabatier.

Au cours des 17 dernières années, de nombreux travaux sur la catalyse ont été faits par M. Paul Sabatier, avec divers collaborateurs, MM. Senderens, Mailhe, Murat, Espil.

La plupart de ces travaux portent sur des composés organiques.

Depuis 1909, et à diverses reprises, nous avons étudié la catalyse dans l'industrie sucrière et, en particulier, à l'égard des sulfites alcalins, dissous dans les jus et sirops sucrés.

Nous avons établi que certains catalyseurs ralentissent, que d'autres, au contraire, accélèrent l'oxydation des sulfites alcalins.

Les essais suivants ont été faits avec la collaboration de MM. Wehrung et Ruby.

Le gaz sulfureux qui est employé en sucrerie est obtenu en brûlant du soufre dans un four spécial. Sa teneur maximum possible en SO^2 est donc de 21 pour 100 (en volume) puisque l'air contient 21 pour 100 d'oxygène. En pratique, cette teneur atteint quelquefois 12 à 14 pour 100; mais elle se tient le plus souvent au-dessous de 10 pour 100. Les gaz des fours à soufre contiennent donc toujours de l'oxygène, de l'azote, de l'acide sulfureux et l'on a toujours $(O + SO^2) = 21$ pour 100.

Les produits à sulfiter (jus, sirops et égouts sucrés) sont toujours alcalins. Pendant la sulfitation, il se forme des sulfites alcalins, qui se trouvent mis immédiatement en contact avec les corps contenus dans les produits sucrés d'usine et avec les gaz contenus dans les gaz du four à soufre.

(¹) Séance du 1ᵉʳ mars 1915.

Comment se fait l'oxydation des sulfites dans ces conditions? Y a-t-il des causes qui retardent ou qui accélèrent la transformation des sulfites en sulfates alcalins? La question est intéressante puisque l'industrie sucrière veut faire des *sulfites* et non des *sulfates*.

I. *Catalyseurs retardant l'oxydation des sulfites alcalins.* — Dans des fioles contenant des solutions de sulfite de potassium ou de sodium et maintenues à températures variables, nous avons fait passer, au moyen d'un appel par trompe, un courant d'air, débarrassé de son acide carbonique. Le sens du courant pouvait être inversé. L'acide sulfureux était dosé par l'iode, et l'acide sulfurique, au moyen du chlorure de baryum.

Nous avons étudié l'influence, sur l'oxydation des sulfites, des corps que contiennent généralement ou peuvent contenir les produits de sucrerie de betteraves et quelques autres corps : sucre, sucre inverti, matières azotées, non-sucre, sels, ainsi que l'influence de la température, du degré d'alcalinité, de la teneur en sucre, en non-sucre.

Voici les conclusions de ces premiers essais :

1° L'oxydation des sulfites alcalins dissous est ralentie par la présence du saccharose, du sucre inverti, du non-sucre en bloc, de l'oxalate d'ammoniaque, de la glycérine, des alcalis libres ou carbonatés, de l'asparagine, de l'acide glutamique, du lactate de potassium. (Le chlorure de sodium est sans action.)

2° Entre les limites de température où ont eu lieu les essais (de 15° à 90°), l'oxydation des sulfites marche plus vite si la température s'élève. Elle marche plus lentement, si la teneur en sucre de la solution augmente.

La courbe qui représente l'action retardatrice de la teneur en sucre s'élève rapidement et tend vers une asymptote vers 60 pour 100 de sucre. La courbe qui représente l'effet accélérant de la température s'élève plus régulièrement.

3° L'oxydation des sulfites alcalins est très difficile dans les mélasses. Celles-ci contiennent, en effet, de fortes proportions de sucre (50 pour 100) et de non-sucre (33 pour 100 environ).

Conclusion pratique. — Il se forme plus de sulfates, si l'on sulfite les jus à 12 pour 100 de sucre que si l'on sulfite les sirops à 50 pour 100 de sucre, ou les égouts. Il s'en forme plus également, si l'on fait la sulfitation à une température élevée. Enfin, il est difficile d'oxyder les sulfites alcalins des mélasses (lesquels sulfites sont antiseptiques) en faisant barboter de l'air dans celles-ci.

II. *Catalyseurs accélérant l'oxydation des sulfites alcalins.* — Les essais ont été faits comme il a été dit plus haut; seulement, la solution de sulfite alcalin et le catalyseur, au lieu d'être placés dans une fiole à fond plat, ont été placés dans une éprouvette à fond arrondi, de façon que le courant d'air, en passant dans la solution de sulfite, maintienne constamment le catalyseur en suspension. A son arrivée dans la solution, l'air était divisé en fines bulles. Les corps essayés comme catalyseurs étaient pris à l'état de poudre très fine. Beaucoup ont été indiqués comme catalyseurs par M. Sabatier et ses collaborateurs, mais pour d'autres réactions.

Voici, d'après nos essais, toujours faits en double, les corps qui peuvent accélérer la transformation des sulfites alcalins en sulfates : les poudres de nickel, de zinc, d'aluminium, d'oxyde de fer, d'oxyde salin de manganèse, de carbonate de calcium, de marbre, de brique réfractaire, de sulfite de calcium, de phosphate de calcium, de carbonate de magnésium, d'oxalate de calcium, d'alumine, de sulfate de calcium.

Conclusion pratique. — Il y a des fabriques de sucre qui, dans les chaudières de deuxième carbonatation, font simultanément de la sulfitation avec des gaz de four à soufre et de la carbonatation avec des gaz de four à chaux. Le sulfite de calcium et le carbonate de calcium qui prennent naissance peuvent activer la transformation en sulfates des sulfites alcalins dissous.

De même, si l'on sulfite des jus ou des sirops d'usine qui contiennent de la chaux précipitable, le sulfite de calcium qui se met en suspension peut favoriser l'oxydation des sulfites alcalins dissous.

Tous ces essais aident à comprendre pourquoi, malgré les sulfitations qu'on fait sur les jus, sirops et égouts d'usine, il reste relativement peu de sulfites dans les mélasses.

Il n'est pas douteux que les catalyseurs précités en poudre pourraient aider à oxyder les sulfites de mélasse, surtout à une température un peu élevée.

GÉOLOGIE. — *Sur la zone du Canavese et la limite méridionale des Alpes.* Note (¹) de MM. **Maurice Lugeon** et **Gerhard Henny**, présentée par M. H. Douvillé.

On sait que la grande zone dioritique d'Yvrée est bordée au Nord par une autre zone très étroite d'une extrême complexité. On y remarque des granites et des porphyres accompagnés par des sédiments mésozoïques et des schistes verts. Cette bande étroite a été désignée par Argand sous le nom de *zone du Canavese* (²). Elle a fait l'objet de maintes discussions.

Argand suppose que cette zone étroite représente la racine de la nappe rhétique dont les masses flottantes s'étalent, plus ou moins découpées par l'érosion, dans les Préalpes, entre l'Arve et l'Aar, et dans les Grisons. C'est également dans cette étroite cicatrice que l'un de nous place la racine des Préalpes médianes. Dans sa Carte synthétique des Alpes occidentales, Argand montre la continuité de la zone, de Levone (au nord de Turin) jusqu'à l'entrée de la Valtelline.

Plus loin, Cornelius (³) suit la racine de la nappe rhétique au nord de Sondrio (versant nord de la Valtelline).

La zone qui nous occupe est considérée comme la limite entre les Alpes et les Dinarides. Au col du Jorio, près de Bellizone, Suess (⁴) et Salomon (⁵), en y faisant passer la limite alpino-dinarique, ont fait coïncider cette dernière avec la zone que nous y avons reconnue.

On ne s'est pas demandé jusqu'à ce jour si la zone du Canavese ne contenait que des éléments alpins. Nos recherches nous amènent à la conviction qu'elle contient également des couches appartenant aux formations

---

(¹) Séance du 1er mars 1915.

(²) P. Argand, *L'exploration géologique des Alpes pennines* (*Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, t. 45, 1909, p. 275) et *Sur la racine de la nappe rhétique* (*Mat. Carte géol. de la Suisse*, nouv. série, 14e livr., 1910).

(³) H.-P. Cornelius, *Petrogr. Untersuchungen*, etc. (*Neues Jahrb. f. Mineralogie*, etc.; Beilage Band. 35, 1912) et *Ueber die rhætische Decke im Oberengadin*, etc. (*Centralblatt f. Min.*, etc., n° 20, 1912).

(⁴) Suess, *La face de la Terre*, t. 3, fasc. 2.

(⁵) Salomon, *Die alpino-dinarische Grenze* (*Verhandl. der k. k. geol. Reichanstalt*, 1905) et *Die Adamellogruppe* (*Abhandl. der k. k. geol. Reichanstalt*, Bd. 21, 1908).

dinariques auxquelles il faudrait attribuer la plus grande partie des porphyres et des calcaires dolomitiques ainsi que des conglomérats permiens que nous avons rencontrés dans les environs d'Yvrée.

Dans cette manière de voir, la zone dioritique n'est qu'un noyau cristallin dinarique dont la couverture sédimentaire revêt la forme d'un vaste anticlinal à grand rayon, parallèle à la limite alpino-dinarique. Le flanc nord de l'anticlinal s'enfonce sous les Alpes et fait réapparaître sa couverture sédimentaire à cette limite elle-même.

Nous montrerons que tout le long de la limite alpino-dinarique, que nous avons suivie du Piémont jusqu'au delà de l'Adamelle, il existe un semblable anticlinal dont le noyau cristallin ainsi que sa carapace peuvent être plus ou moins compliqués. A ce phénomène constant nous donnerons le nom d'*anticlinal insubrien*.

Un intérêt particulier s'attache à la zone du Canavese à l'orient de Bellizone.

Des environs immédiats de cette ville, la zone suit la vallée de Morobbia jusqu'au col de Jorio. Ici, elle présente la même apparence complexe que dans le Piémont. On y trouve des porphyres, des schistes verts, des calcaires dolomitiques et des cargneules, etc. Vers l'Est, on peut suivre le calcaire sur le flanc gauche de la vallée de la Liro et l'on constate que les schistes verts ont alors la tendance à se diriger vers le Sud. Nous avons retrouvé dans cette vallée les schistes et les conglomérats de Groeden (Permien) qui sont une formation dinarique et dont la présence nous révèle le passage de la limite alpino-dinarique.

Un peu plus loin, existe à Dongo, au bord du lac de Côme, des calcaires très métamorphiques, marmorisés, que Repossi [1] considère avec juste raison comme une formation dinarique. Comme la limite d'avec les schistes verts n'est pas éloignée, il est nécessaire que la limite alpino-dinarique fasse localement, en plan, une inflexion brusque vers le Sud.

Dans cette région, tout comme dans le Piémont, la limite alpino-dinarique est donc accompagnée de sédiments dinariques qui continuent à plonger sous les Alpes, accusant ainsi la retombée septentrionale du vaste anticlinal insubrien.

Plus loin encore, existe à Gravedonne, toujours au bord du lac de Côme, des calcaires nettement triasiques qui appartiennent aux Alpes. Ils se

---

[1] Repossi, *Osservazioni geol. e petrogr. sui dintorni di Musso* (*Atti della Soc. ital. di Sc. nat.* 1904, t. 43, p. 261).

continuent de l'autre côté du lac, à Dubino, tandis que les calcaires de Dongo se continuent par ceux d'Olgiasco.

C'est entre ces deux formations calcaires que passe la ligne alpino-dinarique.

Déjà aux environs du col de Jorio, la bande du Canavese paraît s'élargir et, *en entrant dans la Valtelline, elle prend une largeur considérable en se divisant nettement en plusieurs zones de racines différentes*. Elle contient entre autres la racine de la nappe rhétique au nord de Sondrio, les calcaires de Dubino, les schistes cristallins dits *schistes d'Edolo* et ceux dits *schistes du Tonale.*

Dans cette partie des Alpes, les plis montrent une vigoureuse descente axiale vers l'Est. C'est ce qui fait que les bandes jusqu'alors très écrasées, qui constituent la zone du Canavese, s'engraissent assez rapidement, paraissent se multiplier, et nous sommes ainsi à même d'observer la naissance de nappes dans cette puissante zone de racines importantes puisqu'elles doivent probablement comprendre toutes celles des nappes des Alpes orientales.

Ainsi, des environs de Levone jusqu'à la Valtelline, nous pouvons suivre une zone compliquée comprenant des racines alpines et dans sa base des sédiments autochtones dinariques. Toutes ces couches s'enfoncent sous les Alpes. Nous constatons que, *sans exception, le flanc nord de l'anticlinal insubrien pénètre toujours sous les Alpes* et que les racines alpines, couchées sur l'autochtone, dénotent que les nappes les plus élevées des Alpes occidentales ainsi que les nappes des Alpes orientales planaient en un pli en retour *sur* le pays dinarique.

ALGOLOGIE. — *Sur un hybride des* Fucus ceranoides *L. et* F. vesiculosus *L.* Note (¹) de M. **Med. Gard**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note antérieure (²) j'ai déjà signalé l'existence d'hybrides de *F. ceranoides* et *F. platycarpus*, que j'ai observés à Mimizan et à Cap-Breton. Dans cette dernière station, j'ai recueilli en mai 1912 des plantes qui ont les caractères d'hybrides de *F. ceranoides* et de *F. vesiculosus*, à l'entrée de l'étang d'Hossegor qui communique largement avec la mer et sur d'anciens

(¹) Séance du 1er mars 1915.

(²) M. Gard, *Sur un hybride des* Fucus platycarpus *et* F. ceranoides (*Comptes rendus*, t. 151, 14 novembre 1910, p. 888).

parcs à huîtres situés dans cet étang. Ces hybrides vivent mélangés aux parents, les différences de niveau étant ici faibles entre les espèces, parfois même nulles. Ils offrent peu de vésicules, irrégulièrement distribuées d'ailleurs; leur fronde est abondamment ramifiée, quelquefois moins que chez *F. ceranoides*, mais plus que chez *F. vesiculosus*, les ramifications, comme chez celui-là, s'éloignant latéralement de plus en plus du stipe, en une sorte de cyme. La faible épaisseur de cette fronde et la forme aiguë et divisée de la plupart des réceptacles sont des caractères de *F. ceranoides*.

Les hybrides sont évidemment unisexués. J'ai montré (¹), en effet, qu'à Bayonne et à l'embouchure de l'Adour, à Mimizan et à Cap-Breton, ce dernier *Fucus* est constamment dioïque, et ici aussi bien dans le ruisseau Bondigau, où notre algue remonte plus ou moins haut, que dans l'étang d'Hossegor où les conditions de vie paraissent différentes. Toutefois, parmi les *F. ceranoides* recueillis dans le petit estuaire formé par le ruisseau et par le canal provenant de l'étang, j'ai trouvé un seul individu hermaphrodite. Les réceptacles étaient vieux et très parasités par *Elachistea fucicola*. D'ailleurs quelques conceptacles seuls étaient hermaphrodites et les anthéridies y dominaient.

J'ai retrouvé le même hybride à La Tremblade, en juillet 1911, où, sur un espace peu étendu, vivent, dans l'estuaire de la Seudre, les trois espèces habituelles : *F. vesiculosus*, *E. platycarpus* et *F. ceranoides*, qui est dioïque. Ils s'y croisent entre eux formant des hybrides variés réalisant divers intermédiaires entre les espèces souches.

Enfin je l'ai récolté à Réville, à l'embouchure de la Saire, près de Saint-Waast-la-Hougue, station bien connue depuis que Le Jolis (²) a indiqué que *F. ceranoides* y est hermaphrodite. Grâce à MM. Anthony et Hariot, j'ai reçu de nombreux envois de *Fucus* de cette station, à diverses saisons. J'en ai récolté moi-même. Si la très grande majorité des individus offrent à la fois anthéridies et oogones, d'autres sont remarquables par la rareté des premières, absentes dans beaucoup de conceptacles, si bien que quelques individus m'ont paru femelles et j'ai observé un individu mâle, mais un seul.

(¹) Bien que j'aie examiné un moins grand nombre d'individus que dans les stations précédentes, le même *Fucus* s'est montré dioïque à Concarneau où il vit dans la rivière du Moro, pareillement dans la partie reculée du port de Pempoul, près de Roscoff. Je dois ces envois à l'obligeance, le premier de M. Guérin-Canivet, le second de M. de Beauchamp, préparateur à la Sorbonne.

(²) Le Jolis, *Liste des Algues marines de Cherbourg*, 1863.

Je n'ai récolté que deux individus hybrides. L'un d'eux était fixé à marée basse sur une petite pierre plate, moins étendue que la platine d'un microscope, et il pouvait apparemment changer de place, être porté par le courant tantôt vers la mer, tantôt vers la Saire. Sa ramification était abondante, à la manière de celle du *F. ceranoides*. Il était âgé, portait quelques vésicules très développées. Enfin ces réceptacles étaient, pour la plupart, identiques à ceux de cette espèce. Il n'offrait que des anthéridies très nombreuses. L'autre individu, plus jeune, était fixé sur des rochers bas parmi les parents. Ces hybrides seront figurés ailleurs.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches sur la gangrène gazeuse.* Note [1] de M. **Weinberg**, présentée par M. Roux.

La gangrène gazeuse qui a produit tant de ravages parmi les blessés de la bataille de la Marne continue toujours à faire des victimes. Le traitement chirurgical reste souvent inefficace, surtout dans le cas où la maladie évolue très rapidement. Il était donc nécessaire de déterminer l'agent pathogène de la gangrène gazeuse et de rechercher s'il était possible de le combattre par un vaccin ou par un sérum approprié.

Dès nos premières recherches, nous avons constaté que la flore microbienne de la plaie gangréneuse renfermait constamment, à côté d'autres microbes, un gros bacille prenant le Gram et qui, par ses caractères morpho-biologiques, doit être classé dans le groupe du *B. perfringens* de Veillon (*B. capsulatus aerogenes*, de Welch). Dans la sérosité du tissu cellulaire sous-cutané, prélevée à une certaine distance de la plaie, on rencontre ce même microbe tantôt pur, tantôt associé à une seule espèce aérobie. On obtient des cultures pures de *B. perfringens* par hémoculture pratiquée dans les dernières heures de la maladie ou bien immédiatement après la mort du blessé.

L'étude de cinquante nouveaux cas (gangrène et phlegmon gazeux), dont huit mortels, a confirmé nos premiers résultats. Enfin, quelques auteurs ont publié récemment des observations qui sont d'accord avec les nôtres. Il est donc indiscutable que les cas de gangrènes gazeuses que nous observons

(1) Séance du 1er mars 1915.

actuellement sont dus, au moins dans la grande majorité des cas, au *B. perfringens* (1).

Les développements du phlegmon gazeux et de la septicémie gazeuse ne sont pas uniquement favorisés par la gangrène d'un membre blessé; toute lésion grave due à une fracture des os ou à une contusion violente des tissus, même non accompagnée de blessure étendue, peut donner lieu à une septicémie gazeuse mortelle. Il est facile de s'en convaincre par l'expérimentation sur le cobaye. Lorsqu'on veut obtenir à coup sûr un phlegmon gazeux et une septicémie gazeuse avec un *B. perfringens* isolé d'un cas grave de gangrène gazeuse chez l'homme, il suffit d'injecter, dans les muscles de la cuisse d'un cobaye, 1^{cm^3} d'une culture de 24 heures en bouillon glucosé, en prenant soin de dilacérer avec l'aiguille de la seringue le tissu musculaire ou en lésant l'articulation coxo-fémorale.

Nous avons préparé un vaccin avec cinq échantillons de *B. perfringens* provenant des cas de gangrène gazeuse mortelle. Nous utilisons des cultures de 24 heures en bouillon glucosé; les microbes sont lavés en eau physiologique et chauffés une heure à 60°.

Ce vaccin renferme 15 à 20 millions de microbes par centimètre cube.

Nous avons essayé l'effet thérapeutique de ce vaccin dans une vingtaine de cas de gangrène et de phlegmon gazeux. Le vaccin était injecté journellement à la dose de 5 à 20 millions de microbes. Tous les malades ont très bien supporté les injections sans présenter la moindre réaction locale ni générale. Ces premiers essais ont coïncidé avec une bonne évolution de la maladie.

Il est malheureusement évident qu'on ne peut guère compter sur un vaccin lorsqu'on est en présence d'un cas de gangrène gazeuse à évolution très rapide. Un sérum actif pourrait seul donner dans ce cas quelques résultats.

Nous avons préparé un sérum *antiperfringens* (anti-P.) en pratiquant au cheval des injections intraveineuses, d'abord de cultures mortes puis de cultures vivantes des mêmes microbes qui nous ont servi à préparer les

---

(1) Nous ne pouvons pas donner ici, dans cette courte Note, des détails sur d'autres microbes qu'on trouve dans la plaie des sujets atteints de gangrène gazeuse. Disons seulement que nous n'avons jamais pu isoler de cette plaie le vibrion septique. Le microbe qui y ressemble le plus et qu'on rencontre assez fréquemment n'est autre, comme nous l'avons pu constater avec P. Séguin, que le *B. sporogenes* de Metchnikoff, microbe non pathogène pour le cobaye.

vaccins. Les résultats obtenus après 3 mois d'immunisation du cheval sont assez intéressants pour être notés.

Ce sérum, éprouvé sur le cobaye, s'est montré nettement préventif et curatif.

Voici quelques expériences :

12 cobayes sont injectés sous la peau avec 10^{cm^3} de sérum *antiperfringens;* au bout de 24 heures, on leur injecte ainsi qu'aux 12 cobayes témoins 1^{cm^3} d'une culture de 24 heures en bouillon glucosé de *B. perfringens* virulent. Les 12 cobayes préparés par le sérum anti-P. ont résorbé rapidement les bacilles injectés; sur les 12 cobayes témoins, 11 sont trouvés morts le lendemain (15 à 24 heures après l'injection), le 12e est mort 3 jours après l'inoculation.

Dans une nouvelle expérience, 6 cobayes ont été préparés par une injection sous-cutanée de 10^{cm^3} de sérum anti-P., 6 autres par 2^{cm^3}. Les deux lots de 6 cobayes témoins ont reçu des doses correspondantes de sérum de cheval normal de même date. Cette fois encore, nous avons obtenu des résultats absolument analogues à ceux de la première expérience.

L'action préventive du sérum anti-P. paraît plus active lorsqu'il est employé en injections intraveineuses. 4 cobayes préparés par l'injection intraveineuse de 1^{cm^3} de sérum n'ont présenté aucune réaction à la suite d'une injection de 1^{cm^3} de culture virulente, pratiquée 24 heures après l'injection de sérum.

Pour nous rendre compte de l'action curative de notre sérum, nous avons partagé nos cobayes en cinq lots :

Le premier lot (11 cobayes) a été injecté avec différents mélanges de culture (1^{cm^3}) et sérum (1^{cm^3} à $0^{cm^3},25$). 1 seul cobaye injecté avec les mélanges de culture (1^{cm^3}) et sérum ($0^{cm^3},25$) est mort, tous les autres ont survécu.

Les cobayes du deuxième lot (4) ont été injectés avec 2^{cm^3} de sérum anti-P., 5 heures après l'inoculation du microbe, au moment où ils présentaient un phlegmon gazeux très net de la cuisse. L'injection a été pratiquée dans le phlegmon même. Examinés 4 heures après l'injection de sérum, les cobayes ne présentaient presque plus de crépitation gazeuse. Tous ces cobayes ont guéri.

Les cobayes du troisième lot (8) ont été traités 10 heures après l'inoculation, au moment où le phlegmon gazeux avait déjà gagné le flanc droit. Ils ont reçu 3^{cm^3} de sérum anti-P. dans la lésion. 6 cobayes ont guéri, 2 autres ont bénéficié d'une survie de 24 heures.

Nous avons sauvé 4 cobayes en leur injectant dans la veine $0^{cm^3},5$ (2 cobayes) et 1^{cm^3} (2 cobayes) de sérum anti-P., 4 heures après l'inoculation dans la cuisse de 1^{cm^3} d'une culture virulente de *B. perfringens*.

Enfin, nous avons essayé l'action curative du sérum anti-P. chez 5 cobayes dont les lésions étaient tellement étendues qu'on peut affirmer qu'ils devaient mourir au plus tard en 2 à 3 heures. Ces cobayes ont reçu 2^{cm^3} de sérum dans la veine et 3^{cm^3} à 5^{cm^3} dans la lésion. 2 cobayes ont bénéficié d'une survie de 24 heures, 2 autres d'une survie de 36 heures; enfin, le cinquième a survécu.

Ces résultats expérimentaux autorisent à penser que le sérum actif

anti-P. pourrait rendre de grands services, soit à titre préventif (injecté dans les mêmes conditions que le sérum antitétanique), soit à titre curatif.

Une observation faite ces jours derniers chez l'homme nous paraît très encourageante. Il s'agit d'un cas de gangrène gazeuse que nous avons pu étudier à l'hôpital Saint-Michel. Cette gangrène gazeuse s'est développée chez un blessé présentant une fracture double de la jambe causée par un éclat d'obus. Malgré les débridements et le nettoyage de la plaie, l'état général du malade a empiré le lendemain de l'opération et une crépitation gazeuse très nette est apparue en même temps au-dessus de la rotule à une certaine distance de la plaie. Nous avons injecté dans la veine de ce malade 22^{cm^3} de sérum anti-P. Le soir même l'état général du malade s'est fortement amélioré. Le lendemain matin toute crépitation gazeuse avait disparu, la plaie a pris un bon aspect et la maladie suit son cours normal.

Ajoutons que, sur les frottis de sérosité prélevée dans la plaie au moment de l'opération, nous n'avons vu que le *B. perfringens*.

HYGIÈNE. — *Sur la pneumokoniose des polisseurs de métaux.* Note (¹) de MM. **Agasse Lafont**, **Desmoulins** et **F. Heim**, présentée par M. A. Laveran.

L'abondance des poussières en suspension dans l'atmosphère des ateliers de polissage de métaux est de nature à faire craindre la fréquence d'une pneumokoniose professionnelle chez les polisseurs.

Ces ouvriers doivent, au moyen de meules d'émeri, de buffles et de tampons, donner le poli et le brillant à des pièces brutes de métaux variés : fer, fonte, cuivre, nickel, aluminium, étain.

Aux places de travail l'atmosphère de ces ateliers tient en suspension 10^{mg} à 30^{mg} par mètre cube de poussières dures, vulnérantes, provenant de la désagrégation des surfaces polissantes et d'une minime quantité de poussières métalliques.

A l'examen clinique de la population ouvrière des ateliers de polissage, tous les sujets se révèlent comme tousseurs, avec expectoration plus ou moins abondante; chez 30 pour 100 d'entre eux ces symptômes sont modérés, intenses chez les autres; chez aucun d'eux on ne retrouve d'antécédents d'hémoptysies; les signes physiques sont peu marqués et se réduisent à des râles d'emphysème et de bronchite; une localisation spéciale aux sommets pulmonaires n'acquiert de netteté que chez 20 pour 100 des sujets.

(¹) Séance du 1er mars 1915.

En dépit de l'atténuation de ces signes cliniques, les signes radiographiques atteignent une grande netteté et décèlent une incrustation des tissus par les poussières que le seul examen clinique ne parvient pas à dévoiler.

La lésion la plus fréquente est l'atteinte des ganglions trachéo-bronchiques; ils sont envahis dans tous les cas, et souvent d'une façon intense; l'envahissement est généralement bilatéral, la prédominance est à droite dans 80 pour 100; à gauche dans 20 pour 100.

Les poumons sont atteints dans la proportion de 60 pour 100; on constate tantôt une opacité complète des sommets, tantôt des nodules plus ou moins nombreux, siégeant au niveau du lobe supérieur ou le long des bronches.

Celles-ci, notamment les bronches supérieures, sont nettement épaissies dans 40 pour 100 des cas.

Le médiastin est relativement peu touché; cependant, dans 15 pour 100 des cas, il présente une ombre anormale, semblable à celle des lésions de sclérose.

Les ombres ganglionnaires, pulmonaires, bronchitiques et médiastinales sont assez semblables à celles des lésions tuberculeuses à forme fibreuse ou en voie de cicatrisation.

Nous n'avons rencontré que des sujets atteints de pneumokoniose ancienne; mais, les constatations radiographiques, ci-dessus résumées, autorisent à penser que l'examen radioscopique constitue la méthode de choix pour le dépistage des pneumokonioses au début.

Il nous est impossible de chiffrer la morbidité pulmonaire professionnelle globale, chez les polisseurs de métaux; notre enquête n'a pu porter que sur des groupes d'ouvriers adonnés, de longue date, à leur profession (depuis 20 ans jusqu'à 45 années de métier) et ayant résisté à son influence nocive; nous n'avons aucune donnée sur le déchet formé par tous ceux qui ont disparu ou ont dû changer de profession.

Les polisseurs de cuivre, bronze, nickel, aluminium, fer, fonte ne sont exposés qu'à l'inscrustation des voies et du parenchyme pulmonaires par les poussières.

Les polisseurs d'étain plombifère sont exposés de plus à l'intoxication saturnine; tous sont des tousseurs; 70 pour 100 d'entre eux présentent de l'expectoration; l'examen radioscopique révèle chez eux les mêmes lésions que chez les autres polisseurs; les manifestations saturnines sont fréquentes et sérieuses : liséré de Burton, 70 pour 100; coliques de plomb, 40 pour 100; tremblement, 30 pour 100; à ces manifestations cliniques de saturnisme s'adjoint un syndrome hématologique, dont nous avons, d'accord avec

divers auteurs, démontré la valeur pour dépister et préciser le degré de l'imprégnation saturnine, à savoir : hématies à protoplama basophile chez 70 pour 100 des sujets; hématies à granulations basophiles chez 50 pour 100. Ces variétés d'hématies apparaissent en l'absence d'anémie, ce qui, surtout pour la deuxième, est presque pathognomonique de l'intoxication par le plomb.

La fréquence des hématies granuleuses est moindre chez les polisseurs d'étain que celle que nous avons constatée chez les professionnels d'autres industries saturnines, exposés à une plus forte imprégnation plombique : ouvriers de fabriques de céruse et oxydes de plomb, fondeurs typographes, etc.

La mononucléose, signe hématologique que nous avons trouvé dans le saturnisme et aussi dans d'autres intoxications professionnelles (benzénisme, hydrargyrisme), ne se retrouve pas chez les polisseurs d'étain; le fait s'explique par la coexistence d'une polynucléose provoquée par la pneumokoniose, comme il est de règle dans toute affection suppurative, même à allure atténuée; l'action de ces deux causes antagonistes explique le maintien de la formule leucocytaire dans son état d'équilibre sensiblement normal.

Bref, chez les polisseurs de métaux, dont l'état de santé reste en apparence assez bon, pour qu'ils puissent continuer, depuis de longues années, l'exercice de leur profession, on constate l'existence constante d'une pneumokoniose, qu'on peut, cliniquement et radiologiquement, caractériser comme suit : toux, expectoration, sans hémoptysies; contrastant avec le caractère atténué des signes physiques : intensité des ombres ganglionnaires, pulmonaires, bronchitiques, médiastinales, à l'examen radioscopique.

Chez les polisseurs d'étain, une imprégnation saturnine se superpose, révélée par des signes hématologiques et aboutissant le plus souvent à des manifestations cliniques marquées.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de systèmes abéliens déduits de la théorie des équations linéaires.* Note (1) de M. **René Garnier**, présentée par M. Émile Picard.

1. Cette Note a pour but de donner la solution complète d'un problème abordé dans ma Note du 26 décembre 1911. Je rappellerai d'abord quelques résultats essentiels. Posons

$$a_{ij}(x) = \sum_{\lambda=1}^{n} \frac{A_{ij}^{\lambda}}{x-t_\lambda} + \frac{A_{ij}^{n+1}}{x} + \frac{A_{ij}^{n+2}}{x-1} = \frac{b_{ij}(x)}{\varphi(x)},$$

avec $\varphi(x) = x(x-1)\prod_{\lambda=1}^{n}(x-t_\lambda)$, et considérons le système différentiel linéaire

$$\text{(S)}\qquad \frac{dy_i}{dx} = \sum_{j=1}^{m} a_{ij}y_j \qquad (i=1, 2, \ldots, m).$$

Si l'on veut que le groupe du monodromie de (S) soit indépendant de $t_1, \ldots, t_n$, il faut et il suffit, comme l'a montré M. L. Schlesinger, que les A_{ij}^{λ} satisfassent au système

$$(\mathrm{A}_t)\qquad \frac{\partial A_{ij}^{\mu}}{\partial t_\lambda} = \sum_{k=1}^{m} \frac{A_{ik}^{\mu}A_{kj}^{\lambda} - A_{ik}^{\lambda}A_{kj}^{\mu}}{t_\mu - t_\lambda}, \qquad \sum_{\lambda=1}^{n} \frac{\partial A_{ij}^{\mu}}{\partial t_\lambda} = 0.$$

---

(1) Séance du 8 mars 1915.

Dans le système (A_t), je fais la transformation

$$(\varepsilon) \qquad t_\lambda \mid \alpha_\lambda + \varepsilon t_\lambda, \qquad A_{ij}^\lambda \mid \varepsilon^{-1} A_{ij}^\lambda,$$

et je fais tendre ε vers zéro; le système (A_t) tend vers le système

$$(A_\alpha) \qquad \frac{\partial A_{ij}^\mu}{\partial t_\lambda} = \sum_{k=1}^{m} \frac{A_{ik}^\mu A_{kj}^\lambda - A_{ik}^\lambda A_{kj}^\mu}{\alpha_\mu - \alpha_\lambda}, \qquad \sum_{\lambda=1}^{n} \frac{\partial A_{ij}^\mu}{\partial t_\lambda} = 0.$$

Dans ma Note précitée, j'avais intégré (A_α) par des fonctions hyperelliptiques lorsque l'ordre m de (S) est égal à 2; aujourd'hui, j'indiquerai brièvement la solution du cas général, notablement plus ardu.

2. Posons $B_{ij} = \sum_{\lambda=1}^{n+2} A_{ij}^\lambda$; il résulte de (A_α) que les B_{ij} sont indépendants des t_λ; considérons d'abord le cas où l'équation en S de la matrice des B_{ij} a ses m racines distinctes, $B_1, \ldots, B_m$; moyennant une substitution linéaire on peut admettre que les termes de degré le plus élevé sont $B_i x^{n+1}$ dans $b_{ii}(x)$ et $A_{ij} x^n$ dans $b_{ij}(x)$. Soit alors la courbe algébrique

$$f(x, y) = | b_{ij}(x) + \delta_{ij} y | = 0 \qquad (\delta_{ij} = 0, i \neq j;\ \delta_{ii} = 1;\ i, j = 1, \ldots, m).$$

Il résulte de (A_α) que les coefficients de $f(x, y)$ *sont indépendants des* t_i; *ce sont des intégrales premières algébriques de* (A_α); quand ces constantes sont arbitrairement choisies, $f(x, y)$ est de genre

$$p = \frac{m(m-1)}{2} n + \frac{(m-1)(m-2)}{2}$$

et possède les p intégrales suivantes de première espèce :

$$u_{\rho\sigma}(x, y) = \int_{x_0, y_0}^{x, y} \frac{x^\rho y^\sigma}{f'_y} dx \qquad [0 \leqq \rho \leqq (m - 1 - \sigma)(n + 1) - 2;\ 0 \leqq \sigma \leqq m - 3],$$

$$u_\lambda(x, y) = \int_{x_0, y_0}^{x, y} \frac{y^{m-2} \prod_{1}^{n} (x - \alpha_\mu)}{(x - \alpha_\lambda) f'_y} dx \qquad (\lambda = 1, \ldots, n).$$

Cela étant, considérons les fonctions définies par l'inversion des équations

$$\sum_{h=1}^{p} u_{\rho\sigma}(x_h, y_h) = c_{\rho\sigma}, \qquad \sum_{h=1}^{p} u_\lambda(x_h, y_h) = \frac{t_\lambda - t_\lambda^0}{\alpha_\lambda(\alpha_\lambda - 1)},$$

les (x_h, y_h) étant p points de la courbe $f(x, y)$, et les $c_{\rho\sigma}$, t_λ^0 des constantes arbitraires; les fonctions symétriques rationnelles des x_h, y_h sont des fonctions abéliennes $\mathfrak{F}$ de p arguments, dont n seulement sont variables. Enfin, introduisons les $m-1$ intégrales de troisième espèce

$$\mathrm{U}_k(x, y) = \int_{x_0, y_0}^{x, y} \frac{x^n \prod_{h=2}^{m} (y + \mathrm{B}_h x^{n+1})}{(y + \mathrm{B}_k x^{n+1}) f'_y} dx \qquad (k = 2, \ldots, m).$$

Nous pouvons indiquer maintenant l'expression des intégrales de (A_α) : les premiers coefficients A_{k1} des polynomes $b_{k1}(x)$ sont donnés par

$$\log \mathrm{A}_{k1} = (\mathrm{B}_1 - \mathrm{B}_k) \left[\sum_{\lambda=1}^{n} \frac{\alpha_\lambda^n t_\lambda}{\varphi'(\alpha_\lambda)} - \sum_{h=1}^{n} \mathrm{U}_k(x_h, y_h) \right] + \text{const.} \qquad (k = 2, \ldots, m).$$

Il en résulte que les A_{k1} sont des fonctions à multiplicateurs constants, *qu'on peut exprimer comme quotients de fonctions thêta-abéliennes.*

Les A_{k_1} une fois connus, on en déduit les A_{ij}^λ par des opérations rationnelles où figurent (rationnellement) les coefficients de f et des fonctions abéliennes $\mathfrak{F}$.

3. Le cas où l'équation en S de la matrice B_{ij} a des groupes de racines multiples est encore plus difficile; j'ai montré qu'il ne produit pas un abaissement du genre p, mais il introduit dans la solution des fonctions *zêta-abéliennes.*

4. Il est bien remarquable de voir les fonctions thêta-abéliennes découler naturellement d'un système différentiel linéaire; mais, sans m'attarder à l'intérêt rétrospectif du problème, j'indiquerai brièvement quelques-unes de ses conséquences.

M. L. Schlesinger, à qui l'on doit le système remarquable (A_t), a voulu établir que son intégrale a ses points critiques fixes; mais sa démonstration est absolument inexistante. Or, le résultat que je viens d'obtenir conduira vraisemblablement à cette conclusion, soit au moyen de la méthode donnée par M. P. Painlevé pour l'équation $y'' = 6y^2 + x$, soit par le détour suivant : la forme même de la transformation (ε) conduit à admettre que *les intégrales de* (A_α) *sont asymptotes à celles de* (A_t); or les résultats importants de M. P. Boutroux laissent espérer qu'en profitant de cet asymptotisme on pourra démontrer les propriétés fondamentales des intégrales de (A_t) : méromorphie, croissance, etc.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le théorème des moments des quantités de mouvement.* Note [1] de M. **Victor Vâlcovici**, présentée par M. Appell.

Soit (S) un système de n points matériels M_1, M_2, ..., M_n, de masses m_1, m_2, ..., m_n et soit $\overline{r_i}$ ($i = 1, 2, \ldots, n$) le vecteur $\overline{OM_i}$ (grandeur et direction), O étant un point fixe; le théorème des moments des quantités de mouvement aura la forme ci-après :

$$(1) \qquad \frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n} \overline{r}_i \times m_i \dot{\overline{r}}_i = \sum_{i=1}^{n} \overline{r}_i \times \overline{F}_i,$$

où $\dot{\overline{r}}_i$ signifie le vecteur obtenu de $\overline{r_i}$ en le dérivant par rapport au temps $\overline{F}_i$ la résultante des forces extérieures appliquées au point M_i et le signe $\times$ l'opération du produit vectoriel (extérieur), entre les vecteurs qui le comprennent.

Soient maintenant O′ un point mobile et $\overline{r}_0$ le vecteur $\overline{OO'}$ fonction du temps. On sait que si le point O′ est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme ou bien s'il coïncide tout le temps avec le centre de gravité G du système donné (S), alors le théorème des moments des quantités de mouvement par rapport à O′ conservera la même forme (1), c'est-à-dire qu'on aura :

$$(1)' \qquad \frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n} \overline{r}'_i \times m_i \dot{\overline{r}}'_i = \sum_{i=1}^{n} \overline{r}'_i \times F_i;$$

ici $\overline{r}'_i$ simplifie le vecteur $O'M_i$ ($i = 1, 2, \ldots, n$) [2].

Je me propose de montrer [3] qu'il existe une infinité d'autres mouvements de O′ tels que le théorème des moments des quantités de mouvement par rapport à ce point conserve toujours la forme (1)′. En effet, en remplaçant $\overline{r}_i$ par $\overline{r}_0 + \overline{r}'_i$ ($i = 1, 2, \ldots, n$), on aura :

$$(2) \qquad \sum_{i=1}^{n} \overline{r}_i \times m_i \dot{\overline{r}}_i = \sum_{i=1}^{n} (\overline{r}_0 + \overline{r}'_i) \times m_i (\dot{\overline{r}}_0 + \dot{\overline{r}}'_i)$$
$$= M\overline{r}_0 \times \dot{\overline{r}}_0 + M\overline{r}_0 \times \dot{\overline{\rho}}' + M\overline{\rho}' \times \dot{\overline{r}}_0 + \sum_{i=1}^{n} r'_i \times m_i \dot{\overline{r}}'_i,$$

---

(1) Séance du 8 mars 1915.

(2) Voir par exemple Appell, *Traité de Mécanique*, 2e édition, t. 2, nos 334 et 335.

(3) O. Bonnet a donné un résultat analogue pour le théorème des forces vives (*Mémoires de l'Académie de Montpellier : Section des Sciences*, t. 1, p. 142).

M désignant la masse totale $\sum_{i=1}^{n} m_i$ du système (S) et $\overline{\rho'}$ le vecteur qui détermine la position du centre de gravité G par rapport à O', c'est-à-dire tel que

$$\overline{O'G} = \overline{\rho'}.$$

Dans le cas particulier où $\overline{\rho'}$ se réduit à zéro, l'identité (2) nous fournit le théorème suivant bien connu :

La somme des moments des quantités de mouvement par rapport à un point fixe O *est égale au moment de la quantité de mouvement de la masse totale du système supposée concentrée au centre de gravité, par rapport à* O, *augmenté de la somme des moments des quantités de mouvement par rapport au centre de gravité* G (¹).

Reprenons maintenant le cas général où $\overline{\rho'}$ est différent de zéro; en dérivant l'identité (2) par rapport au temps, on obtiendra

$$(2)' \qquad \frac{d}{dt}\sum \overline{r_i} \times m_i \dot{\overline{r_i}} = r_0 \times \mathrm{M}\ddot{\overline{\rho}} + \mathrm{M}\dot{\overline{\rho'}} \times \dot{\overline{r_0}} + \frac{d}{dt}\sum r'_i \times m_i \dot{\overline{r'_i}};$$

$\overline{\rho}$ signifie le vecteur $\overline{OG} = \overline{r_0} + \overline{\rho'}$ et deux points mis au-dessus d'un vecteur montrent qu'on l'a dérivé deux fois par rapport au temps; pour arriver à cette formule, il faut tenir compte de ce que le produit vectoriel d'un vecteur par lui-même est nul ainsi que de l'identité

$$\dot{\overline{\rho}} \times \dot{\overline{r_0}} + \dot{\overline{r_0}} \times \dot{\overline{\rho'}} = 0.$$

D'autre part, on a

$$(3) \qquad \sum_{i=1}^{n} \overline{r_i} \times \overline{\mathrm{F}_i} = \overline{r_0} \times \mathrm{M}\ddot{\overline{\rho}} + \sum \overline{r'_i} \times \overline{\mathrm{F}_i},$$

puisque $\sum_{i=1}^{n} \mathrm{F}_i$ est égale à $\mathrm{M}\ddot{\overline{\rho}}$.

De (1), (2)' et (3) on tire l'identité

$$\mathrm{M}\dot{\overline{\rho'}} \times \dot{\overline{r_0}} + \frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n} \overline{r'_i} \times m_i \dot{\overline{r'_i}} = \sum_{i=1}^{n} \overline{r'_i} \times \overline{\mathrm{F}_i};$$

pour qu'elle coïncide avec la formule (1)', il faut et il suffit qu'on ait

$$\dot{\overline{\rho'}} \times \dot{\overline{r_0}} \equiv 0;$$

(¹) Ouvrage cité, n° 335.

mais on sait qu'un produit vectoriel est nul si l'un des facteurs est nul ou bien si les deux facteurs ont la même direction. Conséquence :

Le théorème des moments des quantités de mouvement par rapport à l'origine mobile O' sera toujours applicable :

1° *Si O' est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme ;*

2° *Si O' coïncide tout le temps avec le centre de gravité G du système (S) ;*

3° *Si O' est animé d'un mouvement dont l'accélération passe constamment par le centre de gravité G.*

On voit d'ailleurs que la deuxième condition est un cas particulier de la troisième.

PHYSIQUE. — *Suite de recherches sur le rayon catathermique.* Note de M. **A. Le Bel**, présentée par M. Armand Gautier.

J'ai développé dans un Mémoire ayant pour titre *Cosmologie rationnelle* (*Journal de Ch. et de Phys. de Genève*, t. 9, 1911, p. 159) les applications à la cosmologie d'une théorie émise par Tissot qui avait complètement passée inaperçue. Cette théorie suppose que la chaleur perdue par les étoiles se transforme dans l'espace céleste en un rayon d'une espèce nouvelle, que j'appellerai ici *rayon Tissot*, susceptible de revenir vers ces étoiles et de leur restituer l'énergie qu'elles ont perdue sous forme de lumière et de chaleur rayonnées. L'avantage de l'hypothèse de Tissot sur celle de Laplace est évident : elle fait concevoir le Monde comme un système en équilibre susceptible de maintenir ses énergies par le jeu des forces inhérentes à la matière qui le constitue. La théorie de Laplace, au contraire, exige l'hypothèse d'une création, aussi bien que celle d'une concentration perpétuelle du Cosmos. Par contre, l'hypothèse de Tissot admet l'existence d'un rayon nouveau totalement inconnu des physiciens.

J'ai entrepris de chercher la démonstration d'un rayon de ce genre en créant une source de chaleur au milieu d'une masse de matière où la chaleur se perd régulièrement; mais il était à prévoir qu'un rayon émis par une masse très limitée en dimensions devrait aussi être absorbé par elle et serait dès lors beaucoup moins pénétrant que le rayon Tissot.

J'ai appelé *rayon catathermique* ce rayon artificiel observé, comme il a été déjà dit dans ce Recueil (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 129, et t. 157, 1913, p. 121). Je rappelle seulement qu'en organisant un flux de chaleur

centrifuge dans une feuille de nickel enroulée ou dans une masse de sable, j'ai pu constater un apport d'énergie sur un détecteur placé au centre et constitué par deux couples thermo-électriques en opposition, mais de nature identique, dont l'un est protégé contre le rayon catathermique de retour par un chapeau de platine isolé.

Cette expérience répond à la conception de Tissot : le chauffoir placé au milieu de la masse de sable correspond à l'étoile, le sable lui-même correspond à l'espace céleste où la chaleur de l'étoile se répand, et le rayon catathermique qui ramène l'énergie vers le détecteur placé au centre est l'analogue du rayon hypothétique de Tissot qui ramène à l'étoile l'énergie qu'elle a rayonnée. Le rayon Tissot n'est donc plus désormais une hypothèse ne correspondant à aucun phénomène connu; nous extrapolons seulement dans notre expérience en admettant que l'espace céleste possède, comme le sable, la propriété d'engendrer des rayons catathermiques. Mais remarquons qu'on sait déjà que l'éther possède une autre propriété de la matière pondérable : c'est la réfringence, puisque les diverses radiations lumineuses y possèdent des vitesses différentes; il est donc moins étonnant de rencontrer dans cet éther une autre des propriétés de la matière pondérable. Il existe pourtant une différence théorique remarquable. Tissot et moi-même, nous admettons que chaque point de l'espace envoie *dans tous les sens* les rayons catathermiques engendrés aux dépens des rayons des étoiles; j'en avais conclu que l'énergie que l'étoile récupère provient non seulement de celle même qu'elle a perdue, mais aussi de celle perdue par les autres étoiles et en général tous les corps célestes, en plus ou moins grande quantité suivant les distances. Il s'ensuit :

1° Que les étoiles les plus chaudes doivent se rencontrer dans les régions de la Voie lactée, là où il y a le plus d'étoiles; c'est ce qui arrive, en effet;

2° Que si une étoile par suite de son mouvement propre se rapproche des bords de la Voie lactée, elle doit se refroidir et l'on devra constater dès lors une période glaciaire sur les planètes satellites; or, on a justement découvert qu'il a existé sur notre Globe toute une série d'anciennes glaciations à diverses époques géologiques (cambrienne, permienne, etc.), et les durées énormes des intervalles géologiques où elles ont apparu correspondent bien à la lenteur des évolutions du Soleil et des étoiles; ces glaciations géologiques paraissent d'ailleurs avoir été bien plus importantes que la dernière qui fut contemporaine de l'homme.

Toutefois, il existe une différence entre la conception de Tissot et le

rayon catathermique tel que l'expérience nous l'a fourni : c'est que ce dernier n'est pas émis dans toutes les directions et paraît centripète. En effet, on ne peut apercevoir ses effets qu'à l'intérieur de la masse de nickel ou de sable, tandis qu'au dehors, même avec l'énergie de 100 éléments, je n'ai pu rien constater; il en est de même si ces 100 éléments sont placés entre trois cylindres de nickel chauffés séparément et dont les axes forment les arêtes d'un prisme à base de triangle équilatéral.

Le rayon catathermique n'est pourtant pas exactement centripète, car si l'on place, dans une masse de sable ayant par exemple $1^m,60$ de longueur, un chauffoir à l'un des bouts, on constate bien le phénomène catathermique sur le détecteur fixé au milieu; mais si l'on place un second chauffoir à l'autre bout, le phénomène augmente sur le premier ([1]). Cette expérience, qu'on a pu varier de diverses manières, prouve que le retour d'énergie n'est pas limité à un seul point. Si l'on applique cette observation au monde cosmique, les deux chauffoirs représentant deux étoiles, on voit que chacune d'elles profitera de l'énergie catathermique due à sa voisine. Les conclusions relatives à l'effet de la position d'une étoile sur la Voie lactée et en particulier l'explication des glaciations géologiques gardent donc leur valeur.

On pourrait se demander si le phénomène catathermique observé est bien l'effet d'un rayon et s'il n'est pas dû plutôt à l'effet d'un champ qui se formerait dans l'intérieur du nickel ou du sable, champ dont les tubes de force se dirigeraient vers le détecteur; mais avec un tube de platine on arrête le phénomène dans le nickel et non celui qui s'observe dans le sable; si l'on admet que le rayon de Tissot est de même nature, il doit être encore bien plus pénétrant. Or ces pouvoirs pénétrants constituent un caractère de rayons et non de champ statique.

PHYSIQUE. — *Rapport γ des deux chaleurs spécifiques principales des mélanges de gaz. Applications.* Note de M. A. Leduc, présentée par M. E. Bouty.

Notation et formules préliminaires. — Je rappelle d'abord que je représente l'état d'un gaz réel par la formule

$$(1) \qquad Mpv = RT\varphi \qquad \text{ou} \qquad Mp = \rho RT\varphi,$$

([1]) On peut le constater même au minimum de température qui se produit entre les deux chauffoirs, c'est-à-dire au milieu de la masse de sable si elle est symétrique.

ρ étant la masse spécifique de ce gaz, M sa masse moléculaire et φ une fonction de la température et de la pression réduites que j'ai étudiée sous le nom de *volume moléculaire* relatif.

D'ailleurs φ est bien représenté, à toute température et entre des limites de pression assez étendues, par

$$(2) \qquad \varphi = 1 - mp - np^2,$$

m et n étant des fonctions de la température seule dont j'ai donné l'expression. Des formules (1) et (2) on déduit le coefficient de compressibilité isothermique μ et le coefficient de dilatation β. On a :

$$(3) \qquad p\mu = -\frac{p}{v}\frac{\partial v}{\partial p} = 1 - \frac{p}{\varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial p} = \frac{1 + np^2}{\varphi},$$

$$(4) \qquad \beta T = \frac{T}{p}\frac{\partial p}{\partial T} = 1 + \frac{T}{\varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial T}.$$

Soit un mélange de deux gaz G_1 et G_2 occupant le volume V sous la pression P, et désignons par p_1 et p_2 les pressions qu'il faut attribuer à chacun d'eux dans le mélange. J'ai établi [1] que, si l'on calcule p_1 et p_2 comme si G_1 ou G_2 occupait seul V, on a $p_1 + p_2 > P$, contrairement à la loi classique du mélange des gaz. Dans certains cas (CO^2 et Az^2O), il suffit, pour retrouver cette loi ($P = p_1 + p_2$), de considérer chaque gaz comme subissant la pression totale P, c'est-à-dire de calculer p_1 et p_2 en prenant les valeurs de φ_1 et φ_2 qui correspondent à P, et non aux pressions partielles p_1 et p_2.

En général, cette manière de faire conduit à de nouvelles valeurs p'_1 et p'_2 telles que $p'_1 + p'_2 < P$, ce qui infirme la loi de Berthollet; mais l'écart est trois ou quatre fois plus faible que le premier.

C'est ainsi qu'on opérera, à défaut de renseignements plus exacts, et l'on calculera de même β_1 et β_2 de G_1 et G_2 à la pression P. L'erreur pouvant en résulter est insignifiante à côté de celles inévitables des γ expérimentaux.

Soient r_1 et r_2 les richesses $\frac{p_1}{P}$ et $\frac{p_2}{P}$ du mélange en gaz G_1 et G_2, et M la masse moléculaire moyenne du mélange calculée par la formule

$$(5) \qquad \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} = \frac{m_1 + m_2}{M} \quad \text{ou} \quad \frac{\rho}{M} = \frac{\rho_1}{M_1} + \frac{\rho_2}{M_2};$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 219, et *Annales de Ch. et de Phys.*, 7e série, t. 15, p. 106-111.

m_1 et m_2 désignant les masses des deux gaz, ρ_1 et ρ_2 leurs masses spécifiques, et $\rho = \rho_1 + \rho_2$ celle du mélange.

Des équations (1) et (5) on déduit aisément que

$$(6) \qquad \frac{1}{\varphi} = \frac{r_1}{\varphi_1} + \frac{r_2}{\varphi_2}.$$

Calcul de γ. — Désignons par C, c et γ les valeurs relatives au mélange, et par C_1, c_1, γ_1 et C_2, c_2, γ_2 celles relatives à G_1 et G_2. On a d'une manière générale :

$$(7) \qquad C - c = \frac{T}{J}\frac{\partial p}{\partial T}\frac{\partial v}{\partial T} = \frac{R}{JM}(\beta T)^2 \times \varphi \times p\mu = \frac{R}{JM}(\beta T)^2(1 + np^2)$$

ou, en posant $(\beta T)^2(1 + np^2) = k\varphi$ et divisant par c,

$$(7\ bis) \qquad \gamma - 1 = \frac{R\varphi}{JM}\frac{k}{c} = \frac{p}{T}\frac{k}{\rho c}.$$

D'autre part, on peut admettre qu'à volume constant

$$(8) \qquad m_1 c_1 + m_2 c_2 = (m_1 + m_2)c \qquad \text{ou} \qquad \rho_1 c_1 + \rho_2 c_2 = \rho c.$$

Portant dans cette égalité les valeurs de $\rho_1 c_1$, $\rho_2 c_2$ et ρc tirées de (7 *bis*) avec ou sans indices, on obtient :

$$(9) \qquad \frac{k}{\gamma - 1} = \frac{k_1 r_1}{\gamma_1 - 1} + \frac{k_2 r_2}{\gamma_2 - 1}.$$

On aurait de même pour un nombre quelconque de gaz

$$(9\ bis) \qquad \frac{k}{\gamma - 1} = \sum \frac{k_n r_n}{\gamma_n - 1}.$$

Exemple. — Pour un mélange à volume égaux $\left(r_1 = r_2 = \frac{1}{2}\right)$ d'azote et de gaz carbonique à 0° et 76^{cm}, on a :

$$\beta_1 T = 1,0024, \qquad \varphi_1 = 0,9995, \qquad k_1 = 1,0054,$$
$$\beta_2 T = 1,0166, \qquad \varphi_2 = 0,9934, \qquad k_2 = 1,0405;$$

d'où, avec l'approximation indiquée plus haut :

$$\beta T = 1,0095, \qquad \varphi = 0,9965, \qquad k = 1,0227.$$

Les expériences qui semblent offrir le plus de garanties ont donné :

$$\gamma_1 - 1 = 0,403, \qquad \gamma_2 - 1 = 0,319.$$

On en déduit $\gamma = 1,355$.

Le calcul fait en considérant les deux gaz comme parfaits ($k_1 = k_2 = k = 1$) donnerait la valeur à peine différente $\gamma' = 1,356$, tandis que la simple règle des moyennes donne $\gamma'' = 1,361$.

L'écart $\gamma'' - \gamma'$ augmente avec $\gamma_1 - \gamma_2$. Ainsi, avec $\gamma_1 = 1,4$ et $\gamma_2 = 1,2$, on aurait :

$$\gamma' = 1,267 \quad \text{et} \quad \gamma'' = 1,300.$$

Cet écart est d'ailleurs maximum pour $r_1 = \frac{\gamma_1 - 1 - \sqrt{(\gamma_1 - 1)(\gamma_2 - 1)}}{\gamma_1 - \gamma_2}$, ce qui donne dans le cas présent :

$$r_1 = 0,586 \quad \text{et} \quad \gamma'' - \gamma' = 0,034.$$

En résumé, on voit qu'*il importe de ne pas confondre* γ *avec* γ'', mais qu'on peut le confondre avec γ' et, en tout cas, calculer k par la règle des moyennes : $k = \Sigma r_n k_n$.

Application à l'air humide. — r ne dépasse guère 0,02. Avec $\gamma_1 = 1,405$ et $\gamma_2 = 1,315$, on trouve $\gamma = 1,397$, nombre sensiblement confondu avec $\gamma''(1,398)$.

J'appliquerai ces résultats à la vitesse du son dans les mélanges gazeux.

PHYSIQUE. — *Sur l'absorption des gaz par résonance.* Note de M. Léon Bloch, présentée par M. Villard.

Dans un Mémoire fondamental [1], H. Lamb a étudié la diffraction d'un train d'ondes planes par une molécule (sphère de rayon très petit par rapport à la longueur d'onde). Ses recherches se distinguent des recherches analogues de Lord Rayleigh, Love, Walker, J.-J. Thomson, en ce qu'elles abordent le cas où la sphère possède un pouvoir inducteur très élevé et où la période de l'onde incidente est voisine d'une des périodes propres de la molécule.

A la suite d'une discussion mathématique complète, fondée sur l'analyse de la vibration incidente en harmoniques sphériques, M. Lamb arrive au résultat suivant :

Pour chaque harmonique sphérique d'ordre n, il existe une période de résonance, c'est-à-dire une période correspondant à un maximum de

(1) H. Lamb, *Camb. Phil. Trans.*, *Stokes Commemoration*, t. **18**, 1900, p. 348-363.

l'énergie réémise par la sphère. Cette période est très voisine d'une période propre de la molécule, sans toutefois lui être rigoureusement égale.

Si l'on appelle *rapport de dissipation* et si l'on désigne par I le rapport de l'énergie diffractée pendant l'unité de temps à l'énergie qui passe durant le même temps à travers l'unité de surface, on a très sensiblement à la résonance

$$\text{(1)} \qquad I = \frac{2n+1}{3\pi}\lambda^2.$$

Il nous a paru important d'établir cette formule en nous affranchissant des hypothèses de Lamb sur la forme et le pouvoir inducteur de la molécule. La décomposition en harmoniques sphériques et les difficultés mathématiques qu'elle entraîne peuvent s'éviter par le raisonnement suivant :

Nous assimilons la molécule à un doublet électrique, comme on le fait dans la théorie électromagnétique de la dispersion. L'équation du mouvement vibratoire s'écrit alors [1]

$$\text{(2)} \qquad m\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} + re^2\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{4\pi e^2}{\theta}\xi = eX.$$

Nous admettons que l'énergie rayonnée par la molécule sous l'action de la lumière incidente a sa source dans l'accélération des électrons produite par le champ électrique de l'onde. Conformément aux lois du mouvement quasi stationnaire, le rapport de dissipation pour un doublet vibrant sera

$$\text{(3)} \qquad I = \frac{8\pi}{3c^4}e^2\omega^4\left|\frac{\xi}{X}\right|^2$$

si ω désigne la fréquence et c la vitesse de la lumière.

Dans le cas où l'on est loin de la résonance, il est aisé de déduire de la formule (3), comme l'a fait Langevin [2], la loi de diffusion en raison inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde (Rayleigh).

Dans le cas qui nous intéresse plus spécialement, où l'on se trouve à la résonance exacte, observons que

$$\text{(4)} \qquad \left|\frac{\xi}{X}\right|^2 = \frac{\theta^2}{4\pi e^2}\,\frac{\tau^2}{a^2}.$$

---

(1) Nous nous conformons aux notations aujourd'hui classiques de Drude.

(2) *Cours du Collège de France*, 1908.

$\left(\tau = \frac{1}{\omega}, a = \frac{r\theta}{4\pi}\right)$, et la formule (3) s'écrira

$$I = \frac{4\pi}{cr}. \tag{5}$$

Puisque d'après la théorie électronique on a $r = \frac{8\pi^2}{3c\lambda^2}$, il vient finalement

$$I = \frac{3\lambda^2}{2\pi}. \tag{6}$$

C'est la formule de Lamb quand $n = 1$. Notre molécule se comporte à la résonance comme une sphère de pouvoir inducteur très élevé, dont la vibration fondamentale serait bien plus importante que les harmoniques.

La formule (6) doit subir une correction lorsqu'on adopte, à la place de la théorie simple de Drude, la théorie plus complète de Planck-Lorentz. On voit aisément qu'il faut poser alors

$$I = \frac{3\lambda^2}{2\pi} \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{3}\frac{N\theta\tau}{a}\right)^2} \tag{7}$$

et cette expression ne diffère sensiblement de (6) que dans le cas où l'absorption, mesurée par le produit $n^2\varkappa$, est d'un ordre égal ou supérieur à 1.

Nous avons recherché si la résonance de la vapeur de sodium, découverte par Wood, peut s'expliquer par la théorie électromagnétique formulée ci-dessus. Les données de Wood et de Dunoyer permettent de conclure que l'émission par résonance est largement suffisante pour rendre compte des effets de réflexion diffuse observés au centre des raies D. A 300°, selon qu'on admet une résonance localisée dans une couche de $0^{mm},1$ ou de $0^{mm},001$, il convient d'appliquer la formule (6) ou la formule (7), et l'on trouve, pour le rapport du nombre des électrons au nombre des molécules, une fraction de l'ordre de 1 : 10000 ou de l'ordre de l'unité.

Par contre, la largeur des raies D, même lorsqu'il s'agit des raies de résonance, ne s'explique pas seulement par l'amortissement dû au rayonnement, il faut faire intervenir ici, suivant les idées de lord Rayleigh, l'élargissement corrélatif de l'effet Doppler.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'anisotropie mécanique des métaux et alliages à gros grains et l'essai à la bille.* Note [1] de M. **A. Portevin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les métaux et alliages sont formés de grains ou individus cristallins, donc anisotropes; à l'intérieur de chaque grain, les propriétés mécaniques sont par suite fonction de la direction. Ces grains ayant une orientation cristalline quelconque et étant en général suffisamment petits, les différences s'annulent pratiquement, de sorte que, par compensation, l'ensemble apparaît comme isotrope, même avec un faible volume de matière; c'est ainsi que l'essai à la bille, qui n'intéresse qu'une petite quantité de substance, donne des empreintes circulaires avec les moyens de mesure utilisés actuellement, montrant ainsi l'identité des propriétés mécaniques dans tous les sens. Mais il peut arriver, notamment dans les métaux et alliages bruts de coulée et refroidis lentement, que l'ordre de grandeur des grains soit tel que, pour cet essai en particulier, l'anisotropie mécanique des grains intervienne en déformant l'empreinte qui apparaît alors irrégulière [2]. Pour procéder à un examen quelque peu systématique de ce phénomène, nous nous sommes d'abord adressé à des échantillons dont on avait, en prolongeant suffisamment la durée de refroidissement à partir de l'état liquide, accru dans des proportions considérables l'importance des grains de solidification.

On pouvait ainsi effectuer, sur un seul grain, des empreintes de dimensions assez grandes pour mesurer les divers diamètres avec toute la précision désirable.

D'autres essais pratiqués de façon à intéresser plusieurs grains ont porté sur des alliages dont les grains étaient allongés dans la même direction par suite des conditions de la solidification.

Dans tous les cas, on a, par des attaques convenables, fait apparaître sur la surface métallique polie les limites des grains et les directions dendritiques avant d'effectuer les empreintes.

Nous résumerons donc successivement les résultats des observations

---

[1] Séance du 8 mars 1915.

[2] Portevin et Nusbaumer, *Rev. de Mét.*, t. 9, 1912, p. 63. — Portevin, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 320 et 1237.

faites lors des essais n'intéressant qu'un seul grain et lors des essais intéressant plusieurs grains semblablement orientés.

A. *Essais n'intéressant qu'un seul grain.* — D'une façon générale, l'empreinte affecte la forme d'un carré aux angles arrondis avec deux petits diamètres perpendiculaires égaux et deux autres grands diamètres bissecteurs égaux.

1° Sur une même coupe d'un même grain, les empreintes sont identiques et pareillement orientées. C'est ainsi que sur un seul grain de cuivre à 0,5 pour 100 Va préparé par aluminothermie on a trouvé :

Petits diamètres	3,35 ± 0,01	(moyenne de 6 mesures)
Grands diamètres ...	3,69 ± 0,04	(moyenne de 6 mesures)

2° Sur deux coupes différentes d'orientations cristallines respectives quelconques d'un même grain les empreintes ont en général des dimensions variables; par exemple, on a obtenu, sur deux coupes perpendiculaires de deux grains d'un alliage Cu-Al, 2,16 pour 100 Al.

		Petits diamètres.	Grands diamètres.
		mm	mm
Grain n° 1.	Première coupe...	2,99 ± 0,01	3,16 ± 0,02
	Deuxième coupe..	3,16 ± 0,01	3,55 ± 0,00
Grain n° 2.	Première coupe...	3,32 ± 0,02	3,82 ± 0,01
	Deuxième coupe..	3,32 ± 0,04	3,66 ± 0,03

3° Sur deux grains différents d'une même coupe les empreintes ont, en général, des orientations et grandeurs variables. Cela résulte des chiffres précédents auxquels on peut adjoindre les suivants relatifs à la première coupe considérée :

	Petits diamètres.	Grands diamètres.
	mm	mm
Grain n° 3....................	3,32	3,58
Grain n° 4....................	3,52 ± 0,02	3,92 ± 0,05

On voit par ces exemples que, sur ce même alliage, les diamètres mesurés suivant des directions quelconques pour des coupes et des grains différents présentent des écarts atteignant $1^{mm},01$, soit 29 pour 100 de la valeur moyenne.

4° Lorsque par attaque on peut mettre en évidence les directions dendritiques, les diamètres maximum et minimum semblent dirigés suivant les bissectrices des axes dendritiques. Ce fait est surtout net quand l'angle de ces axes est voisin de 90°.

B. *Essais intéressant plusieurs grains semblablement orientés.* — Par coulée en moules métalliques des métaux et alliages, on provoque à la périphérie des lingots l'allongement des grains dans le sens d'un axe quaternaire normal à la surface. Ce procédé permet, par suite, d'obtenir dans une certaine zone une région à structure basaltique dans laquelle les propriétés mécaniques sont orientées sensiblement de la même manière, quel que soit le grain intéressé. Des essais de bille, pratiqués dans de telles régions, ont donné les résultats confirmant les précédents, comme

le montrent les exemples suivants (les chiffres sont les moyennes relevées sur quatre empreintes) :

	Essais sous 500kg.		Essais sous 1000kg.
	Laiton à 60 °/₀ Cu et 30 °/₀ Zn.	Laiton à 57 °/₀ Cu et 33 °/₀ Zn.	Laiton à 57 °/₀ Cu et 33 °/₀ Zn.
	mm	mm	mm
Diamètres normaux à la surface du lingot.	3,59	2,67	3,49
Diamètres parallèles	3,60	2,66	3,49
Diamètres à 45° sur les précédents	3,90	2,77	3,66
	3,89	2,77	3,66

En résumé, on voit que dans chaque grain on obtient une empreinte qui est, en raison de l'anisotropie mécanique du grain, loin d'être circulaire; dès lors, si l'on effectue des essais à la bille dans des métaux et alliages à gros grains d'orientation quelconque de manière que plusieurs grains soient déformés, on obtient des empreintes extrêmement irrégulières ne permettant aucune mesure précise et dont les résultats présentés ci-dessus permettent d'analyser les causes.

SISMOLOGIE. — *Influence sismogénique des failles parallèles étagées de la rainure érythréenne et de celle de la vallée du Rhin.* Note [1] de M. **F. de Montessus de Ballore.**

De la sismicité des régions qui ont été le théâtre de mouvements épirogéniques, on sait seulement qu'elle y est moindre que celle des régions érigées par des mouvements orogéniques de plissement, toutes choses égales d'ailleurs quant au temps géologique plus ou moins récent auquel ont eu lieu les dernières vicissitudes de l'évolution du relief. On peut augmenter nos connaissances à cet égard en considérant ce qui se passe pour la Syrie, la Palestine, l'Arabie et l'Égypte, régions émergées par épirogenèse aux temps tertiaires et quaternaires avec ouverture, par effondrement entre des failles parallèles, de la rainure érythréenne, qui s'étend de l'Orontès à la mer Rouge inclusivement, étant d'ailleurs entendu que cette dénomination est géographiquement impropre; nous la conservons cependant parce qu'elle est généralement employée. Mais nous adoptons le mot *rainure*, parce qu'il évoque l'idée de flancs verticaux, ce

(1) Séance du 8 mars 1915.

qui est ici le cas, tandis que ceux de fosses, fossés et grabens correspondent à des flancs qui peuvent être tout aussi bien inclinés sous des angles quelconques.

Mettons maintenant en parallèle les structures géomorphogéniques et les conditions de sismicité de ces pays.

Vallée inférieure de l'Orontès. Région de plissements orogéniques au bord du géosynclinal alpin, qui englobe le Taurus. Extrême sismicité, témoins les célèbres désastres d'Antioche.

Les régions suivantes ont un relief d'origine épirogénique :

Vallées supérieures de l'Orontès et du Leontès. La Phénicie, le Liban, l'Antiliban et la Syrie forment une voûte anticlinale effondrée suivant son axe (Cœlésyrie, Syrie creuse) et partout règne la structure de failles étagées parallèles à cet axe. Sismicité encore considérable, mais déjà notablement moindre.

Ghor et mer Morte. Failles étagées seulement à l'ouest, Palestine, et structure tabulaire à l'est, Hauranitide, Galanitide et Pays de Moab, coupée net par une faille unique. Flexure monoclinale effondrée. A l'ouest, sismicité égale à celle des régions précédentes, mais presque nulle à l'est.

Dépression de l'Arabah, golfe d'Akabah et mer Rouge. Structure tabulaire effondrée entre des failles parallèles, mais uniques de chaque côté de la rainure. Plus de failles étagées et sismicité nulle en Arabie et en Égypte.

Le même parallélisme se répète pour la vallée du Rhin.

Suisse. Région des plissements alpins. Sismicité relativement grande, mais d'ailleurs très inférieure à celle de la Syrie.

Rainure du Rhin, de Bâle à Mayence. Voûte anticlinale des Vosges et de la Forêt Noire effondrée entre des failles parallèles étagées. Sismicité notable encore, mais moindre toutefois que celle de la Suisse.

Cañon du Rhin au nord de Mayence. Il n'y a plus qu'une seule faille et c'est plutôt un *Rift*. La sismicité est encore plus faible.

Il y a tout lieu de penser que des observations parallèles du même genre pourront se faire en d'autres pays, mais en tout cas l'influence sismogénique des failles parallèles étagées se trouve nettement démontrée pour les rainures d'effondrement, tant érythréenne que rhénane, respectivement considérées de l'Orontès à la mer Rouge et de Mayence à Bâle.

SISMOLOGIE. — *Sur les macrosismes de* 1911, 1912, 1913, 1914, *dans le nord du Portugal.* Note de M. **Pereira de Sousa**.

Du commencement de l'année 1911 jusqu'à la fin de 1914, la province du Minho, au nord du Portugal, a présenté la plus grande sismicité, ce qui est fort curieux, parce qu'elle se trouve dans la Meseta. Ayant fait faire pendant cette période une enquête sur les effets des macrosismes, déterminé leur intensité par la dernière échelle de Mercalli, 1909, et tracé les isosites, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie les conclusions auxquelles je suis arrivé.

Les macrosismes ont été constatés le 9 février 1911, le 18 octobre et le 16 novembre 1912, le 26 et le 27 octobre 1913 et le 21 mars 1914; ils se sont propagés surtout dans la direction NNO-SSE.

Le premier a été de faible importance; sa zone macrosiste en Portugal n'a pas dépassé au Sud le Cavado, mais s'est étendue en Espagne au nord du Minho. On ne reconnaît pas d'épicentre ni de zone épicentrale; le maximum d'intensité a été VI.

Ceux du 18 octobre et du 16 novembre 1912, qui présentent chacun à peu près la même extension macrosiste, ont été ressentis surtout au sud du Cavado. La ligne Paços de Ferreira-Vila Nova de Famalicão-Barcellos, qui est parallèle à la côte, a été l'isosiste de la plus grande intensité; on peut la désigner sous le nom de *ligne épicentrale*.

Celui du 27 octobre 1913 a été le plus étendu; sa surface macrosiste correspond à l'ensemble de celle d'un des deux macrosismes précédents et du macrosisme de 1911; elle s'est étendue encore au sud du Douro jusqu'à Coimbra. L'isosiste du maximum de l'intensité (VI) est la même que pour les macrosismes précédents; il se prolonge jusqu'à Caminha, qui présente l'intensité (VI), comme dans le macrosisme de 1911.

Celui du 21 mars 1914 semble avoir été identique aux macrosismes antérieurs, mais bien moins long et plus faible (IV).

La ligne Paços de Ferreira-Vila Nova de Familicão-Barcellos, qui se trouve surtout dans le granite, est une ligne sismo-tectonique, déjà reconnue dans le mégasisme de 1755 [1]. Elle traverse la Serra das Cita-

[1] F.-L. Pereira de Sousa, *Ideia geral dos effeitos do megasismo de 1755 em Portugal*, 1914, p. 48.

nias et la Serra do Sameiro dans une dépression (suivie par la ligne du chemin de fer), où l'on trouve quelques sources thermales sulfureuses.

Le grand affleurement silurien de la région a une direction parallèle à cette ligne sismo-tectonique; le petit affleurement silurien, situé au nord de Barcellos, se trouve sur son prolongement vers le Nord. Nery Delgado (1) a montré l'existence de failles longitudinales dans ces affleurements.

Dans le mégasisme de 1755, cette ligne sismo-tectonique, au delà du Lima, traverse la Serra d'Arge dans la dépression, où se trouve Montaria, etc., et suit jusqu'à Caminha dans l'Archéen, parallèlement à la limite entre ce terrain et le granite.

Dans le macrosisme du 27 octobre, non seulement la ligne sismotectonique se manifeste avec le maximum d'intensité, depuis Paços de Ferreira à Caminha, mais il en est de même pour la partie nord de la ligne sismo-tectonique Vila do Conde-Malta-Gondomar, déjà remarquée dans le mégasisme de 1755. Cette ligne est parallèle à la précédente, et située plus à l'Ouest. Étant surtout placée dans une dépression transversale aux chaînes, qui est utilisée pour le tracé de la route et du chemin de fer entre Porto et Vila do Conde, elle suit en partie la limite entre l'Archéen et le granite. Le fleuve Leça, arrivé à cette dépression, se courbe en angle droit pour la suivre quelque temps; il est probable que telle est aussi la raison du détour du fleuve Douro vers le S-SE.

Étant donnée la disposition des isosistes, je pense que les mouvements épirogéniques doivent être l'origine de ces macrosismes. On admet que ces mouvements sont la cause des rias de la Galice; actuellement, sur la côte portugaise, ils se produisent en sens inverse, ce qui entraîne des modifications fâcheuses pour les ports dont la profondeur est diminuée (2).

En outre, on a rencontré des marmites de géants à quelques mètres audessus de la ligne du rivage. M. Nobre (3) en a mentionné une au Castello do Queijo, près de l'embouchure du Douro et M. Choffat (4) en a rencontré

---

(1) J.-F. Nery Delgado, *Système silurique du Portugal*. Lisbonne, 1908.

(2) Adolpho Loureiro, *Os portos maritimos de Portugal e ilhas adjacentes*, t. I, 1904.

(3) Augusto Nobre, *Étude géologique sur le bassin du Douro*, Bruxelles, 1893, p. 5.

(4) Paul Choffat, *Provas do deslocamento do nivel do Oceano em Vianna do Castello* (*Bol. da Soc. de Geographia de Lisboa*, 13e série, n° 12, 1894).

d'autres à Vianna do Castello, dont la plus élevée se trouve à 15^m d'altitude.

Conclusion. — Les macrosismes du nord du Portugal (Minho) (1911 à 1914) semblent être d'origine épirogénique; leur maximum d'intensité s'est manifesté le long de la ligne sismo-tectonique Paços de Ferreira-Vila Nova de Famalicão-Barcellos-Caminha, leur maximum d'extension suivant la ligne sismo-tectonique Vila do Conde-Malta-Gondomar.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les racines de betteraves gommeuses.* Note de M. G. Arnaud, présentée par M. Prillieux.

Des betteraves gommeuses ont été envoyées en janvier et février à la Station de Pathologie végétale de Paris, par l'intermédiaire de M. Pellet; elles provenaient des sucreries d'Abbeville (Somme) et de Coulommiers (Seine-et-Marne) et avaient été prélevées dans les silos de conservation. L'altération gommeuse y était apparue au début de décembre, elle n'avait pas été signalée les années précédentes.

Les racines peu altérées présentent à la surface des taches vitreuses rendant la couleur un peu plus foncée; peu à peu la chair perd sa teinte blanc jaunâtre opaque pour devenir plus transparente et prendre l'aspect des betteraves cuites; ces transformations sont dues à une altération qui rend les tissus plus homogènes en dissolvant partiellement les cellules et en remplissant les espaces intercellulaires avec de la matière gommeuse; ce qui égalise le pouvoir réfringent des tissus et par suite augmente la transparence. Sur les sections s'écoule la gomme sirupeuse, incolore et très transparente. Peu à peu des cavités se creusent dans le parenchyme entre les zones concentriques de faisceaux libéro-ligneux, ces cavités ont jusqu'à 4^{mm} ou 5^{mm} de diamètre; parfois même, il y a décollement complet des diverses zones. Il convient d'insister sur le fait que l'intérieur des betteraves altérées ne brunit pas; contrairement à ce qui a lieu dans certaines gommoses signalées chez des betteraves au cours de la végétation. Les racines gommeuses ne répandent pas de mauvaises odeurs. Les betteraves très altérées prennent la consistance d'une éponge dure.

L'agent de la dégénérescence gommeuse est une bactérie qui, de l'extérieur vers l'intérieur, s'insinue dans les espaces intercellulaires en même temps qu'elle détruit les cellules voisines. On peut observer la bactérie en

place en coagulant la gomme par une immersion des morceaux de betterave dans une solution de sous-acétate de plomb. La bactérie est du genre *Bacterium*, elle est assez voisine au point de vue morphologique du *Bacterium Mori* du Mûrier; comme ce dernier, et peut-être plus encore, le *Bacterium* de la Betterave présente la propriété de se désarticuler en éléments de longueur variable parfois analogues à certains *Oospora*.

En culture dans le jus de betterave à haute température (38°-40°), le développement de la bactérie est très rapide et donne des filaments fins, réguliers, ne présentant parfois pas trace de segmentation, même après coloration à la fuchsine (liqueur de Ziehl); d'autres filaments manifestent une tendance à la désarticulation par une disposition en ligne brisée ou par l'apparition de zones moins colorables; puis les éléments prennent une disposition en chapelet, enfin il y a désarticulation complète. Les éléments ainsi isolés peuvent être huit à dix fois plus longs que larges ou presque isodiamétriques. Comme ces éléments ont une tendance à ne se séparer que graduellement, on les trouve souvent en chapelets. Quand les grains en sont courts, ces chapelets sont presque identiques, par la forme et les dimensions, à ceux du *Leuconostoc mesenteroides* (gomme des sucreries); mais l'on trouve toujours quelques éléments filamenteux; ces derniers sont cependant assez rares dans la gomme qui s'écoule spontanément des racines. La matière gommeuse du *Bacterium* est toujours visqueuse, sans la consistance ferme, presque cartilagineuse, du *Leuconostoc*.

Le *Bacterium* est le seul agent de la transformation gommeuse et la gomme qui s'écoule sur les sections paraît peu favorable aux moisissures, seules des levures y pullulent bientôt et la rendent opaque. Sur la surface extérieure des racines se trouvent en abondance : *Penicillium glaucum*, *Botrytis cinerea* (conidiophores et sclérotes), *Fusarium roseum*, *Mucor Mucedo*.

Les betteraves gommeuses sont probablement des racines altérées par le froid dont les dégâts ont été plus considérables cette année par suite des difficultés de transport et d'ensilage; nous n'avons pas réussi à contaminer des racines normales, même coupées en deux et appliquées sur une betterave gommeuse. Par contre, une betterave, dont une moitié a été plongée pendant une minute dans l'eau bouillante, est devenue gommeuse dans la partie extérieure de la zone traitée. Les betteraves qui n'ont été gelées que par places et superficiellement restent saines pendant plus d'un mois, en dehors des zones altérées. Il est probable que les divers agents qui diminuent la vitalité des cellules peuvent provoquer le développement de la bactérie gommeuse, mais il convient surtout d'attribuer au froid les cas de dégénérescence gommeuse constatés ultérieurement dans les silos.

Au point de vue industriel, l'altération gommeuse est nuisible par la

transformation du saccharose en sucres réducteurs et par la production de gomme difficile à éliminer. Ces transformations ont été étudiées au point de vue chimique par M. Pellet et aussi par M. Saillard ; ce dernier a publié récemment une Note sur la question [1].

BACTÉRIOLOGIE. — *De la dissémination du bacille typhique autour des malades atteints de fièvre typhoïde.* Note [2] de MM. **P. Carnot** et **B. Weill-Hallé**, présentée par M. Roux.

Les techniques de recherche du bacille typhique, que nous avons indiquées ici même (*Comptes rendus*, 30 novembre 1914, p. 749, et 25 janvier 1915, p. 148), nous ont permis d'étudier systématiquement, dans les services hospitaliers que nous dirigeons, le mode et l'importance de la dissémination du germe contagieux autour des dothiénentériques. Nous l'avons suivie sur le malade lui-même, sur les objets environnants et sur le personnel soignant en contact avec lui.

A. *Dissémination du bacille typhique par les sujets infectés.* — En comparant chez nos typhoïdiques les résultats de l'hémoculture, de la biliculture, de la coproculture, nous avons pu constater une grande variabilité dans l'élimination du bacille typhique.

Si nous l'avons décelé dans la plupart des sécrétions digestives (salive, mucus gastrique ou duodénal, suc pancréatique, etc.), c'est, en fait, dans la bile et les sécrétions intestinales que nous avons constaté l'élimination la plus régulière, la plus abondante et la plus tenace. L'importance de cette élimination est telle qu'il suffit de quelques gouttes du liquide à peu près limpide, obtenu après trois lavages intestinaux successifs et ensemencées sur tube de sable, pour avoir une culture luxuriante de bacilles typhiques. Les formes à diarrhée abondante, avec incontinence, sont, par là même, de beaucoup plus contagieuses.

La durée de cette élimination est très différente suivant les cas. Nous l'avons vu se réduire à une vingtaine de jours dans les formes les plus bénignes, chez les vaccinés notamment. Elle se prolonge généralement deux à trois mois. Enfin, dans quelques-uns de nos cas, l'élimination

---

[1] *Journal d'Agriculture pratique*, 11 mars 1915, p. 266.

[2] Séance du 8 mars 1915.

biliaire et intestinale a été suivie au delà du sixième mois. Dans certaines formes de cholélithiase, le bacille typhique a d'ailleurs pu être trouvé plusieurs années après l'infection.

L'élimination du bacille typhique s'étend donc sur une période souvent fort longue, pendant laquelle les selles disséminent abondamment le contage autour des malades, sur les objets ou les personnes qui les entourent.

B. *Dissémination du bacille typhique dans les poussières des salles d'hôpital, sous les ongles des malades et des soignants, etc.* — Nous avons examiné bactériologiquement les poussières d'une salle de typhiques graves, salle dont les planchers étaient cependant lavés à l'eau tous les deux jours. Pour la technique de cette recherche, nous avons dû, en raison de la petite quantité des germes, provoquer un enrichissement préalable des poussières prélevées, en les ensemençant copieusement en tubes de bile : le lendemain, quelques gouttes de cette culture sont repiquées en tube de sable, examinées et identifiées ensuite, selon la méthode que nous avons antérieurement indiquée. Nous avons ainsi isolé des bacilles typhiques, très mobiles, agglutinables par un sérum antityphique et présentant toutes les réactions culturales classiques.

De même, la présence de bacilles typhiques a été décelée dans les poussières du laboratoire où se font quotidiennement nos examens de selles et de cultures.

Ces constatations démontrent la dispersion du bacille typhique dans le milieu extérieur, au voisinage de l'organisme contaminé.

Étant donné, d'autre part, le rôle important des doigts dans la transmission des germes contagieux, nous avons systématiquement ensemencé, par le même procédé, les dépôts sous-unguéaux des malades et du personnel soignant.

Ici encore, nous avons obtenu des résultats positifs. Cette constatation prend toute sa valeur du fait que chez certains infirmiers, assez soigneux pour désinfecter méthodiquement leurs mains, notamment à l'eau de Javel diluée, après chaque contact avec les typhiques, l'ensemencement des doigts est resté négatif.

On se rend compte, par suite, et de l'importance de contaminations digitales et de l'efficacité des procédés destinés à les éviter.

C. *Dissémination du bacille typhique dans le tube digestif des sujets sains en contact permanent avec les infectés.* — La constatation de bacilles typhiques

dans l'ambiance du malade, et notamment sur les doigts des sujets sains, vivant à son contact, permet de comprendre aisément l'ensemencement de leur tube digestif. On sait, d'ailleurs, combien fréquente est la contamination du personnel soignant dans les services de typhoïdiques. Aussi avons-nous recherché la présence du bacille dans les selles de tous les médecins et infirmiers donnant des soins à nos typhiques. Quinze cas nous ont fourni un résultat positif; dans six cas, le résultat a été négatif. Nous avons trouvé en outre le bacille typhique dans les selles de l'infirmier attaché au laboratoire et manipulant constamment des cultures, mais sans donner de soins aux malades.

Bien qu'aucune méthode expérimentale ne puisse nous renseigner actuellement sur la virulence des germes ainsi isolés, nous avons cependant tout lieu de l'admettre, au moins dans un cas où nos recherches ont démontré un infirmier bacillifère sain comme seul chaînon intermédiaire entre deux typhoïdiques.

Tous ces porteurs de germes étaient cliniquement en parfaite santé. Aucun n'avait eu antérieurement et n'a présenté depuis de symptômes morbides. La plupart d'entre eux avaient été vaccinés. Deux cependant ne l'étaient pas, ce qui nous a permis de rechercher dans leur sérum la présence d'anticorps. Or l'épreuve de l'agglutination et celle de la déviation du complément sont restées négatives. Le résultat négatif également de la biliculture indique que la présence de bacilles typhiques dans le tube digestif n'est pas liée, en pareil cas, à une élimination biliaire.

Nous nous sommes donc trouvés, dans les conditions de contamination hospitalière où nous observons, en présence de trois variétés de bacillifères :

Les *bacillifères infectés*, qui, même longtemps après guérison de leur fièvre typhoïde, éliminent encore des bacilles, et continuent d'être contagieux, bien qu'immunisés par leur infection même;

Les *bacillifères vaccinés*, ayant ensemencé leur tube digestif au contact des premiers, mais qui, protégés par leur immunisation vaccinale, confient le germe contagieux dans une sorte de saprophytisme intestinal;

Enfin les *bacillifères sains*, sans immunisation morbide ou vaccinale, au sujet desquels on peut se demander si la présence de bacilles typhiques dans l'intestin réalise un stade de préinfection latente et les met en imminence d'infection à la moindre défaillance, ou si elle n'aboutit pas à une sorte d'immunité par entéro-vaccination, vraisemblable cliniquement, mais difficile à mettre en évidence par les procédés actuels.

Des applications pratiques à la prophylaxie hospitalière, que nous ne ferons qu'indiquer ici, dérivent de ces constatations. Elles ont trait:

1° A la nécessité de l'isolement prolongé des typhiques, aussi longtemps qu'ils restent bacillifères et à l'urgence, dans les circonstances actuelles, de la création de dépôts spéciaux de convalescents typhiques soumis au contrôle bactériologique;

2° A la nécessité d'une désinfection rigoureuse des locaux et objets contaminés, et surtout peut-être des mains du personnel soignant;

3° A la nécessité de l'isolement relatif, de la non-dispersion et de l'hypervaccination du personnel si souvent bacillifère, affecté aux services de typhiques.

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *Sur l'alimentation des armées en campagne.* Note (¹) de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Armand Gautier.

Les questions d'alimentation ne sauraient être fixées d'une façon immuable; elles doivent s'adapter en quelque sorte aux conditions et circonstances souvent très variables. Telle ration abondante en été devient insuffisante en hiver. La longue continuité d'une alimentation exclusive arrive à déplaire et à fatiguer l'estomac et les reins. Un sensible relèvement du régime du soldat français en pain, graisse, sucre et boissons fermentées vient de lui être accordé par l'Administration de la Guerre avant même qu'un supplément de 100 à 1000 calories ait été réclamé par les spécialistes les plus compétents. Cette amélioration témoigne du soin qu'apporte l'Intendance au ravitaillement des troupes, ravitaillement dont elle a assuré le succès.

En ce qui concerne la viande, fraîche, congelée ou en conserve, la ration actuelle représente un large maximum; mais l'usage presque exclusif de cet aliment, même avec le pain, ne saurait être prolongé indéfiniment. Il exposerait à un surmenage carné nos soldats qui, campagnards pour la plupart, sont surtout des végétariens. En Amérique, en France, en Allemagne, partout on a montré qu'il y a « danger à demander à la chair musculaire plus de 30 à 40 pour 100 d'azote alimentaire, et le poids des matières protéiques ne doit pas dépasser le quart de celui des matières ternaires ». (*A. Gautier.*)

(¹) Séance du 8 mars 1915.

Assurément la proportion des légumes prévue par les règlements militaires français compléterait, d'une façon satisfaisante, la ration alimentaire, viande et pain, si la préparation de ces légumes était rendue aussi pratique que celle de la viande, mais l'utilisation par le soldat des légumes secs en particulier présente de grosses difficultés pratiques en temps de guerre. Leur cuisson exige généralement un trempage de plusieurs heures destiné à leur rendre une partie de l'eau perdue par dessiccation. En outre, la distribution sur la ligne de feu des légumes cuits chaque jour à l'arrière est rendue précaire, parfois presque impossible, de telle sorte que trop souvent le combattant doit se contenter de pain et de conserve de viande. Ces inconvénients sont appelés à grandir encore au cours des déplacements stratégiques dans des régions privées de toutes ressources par l'ennemi.

I. Les travaux d'Atwater et Benedict, d'Ewald et Munck, de A. Gautier, de Maurel ont établi que la ration correspondant à un travail énergique soutenu, tel que celui du soldat au feu, doit comporter environ : 150^g d'albumines, 500^g d'hydrates de carbone et 100^g de graisses.

La question des albuminoïdes nécessaires a été solutionnée par la fabrication et la distribution journalière de la conserve réglementaire de viande, contenant 280^g de bœuf ou de porc, de bonne qualité.

Quant à la proportion de matières grasses attribuée à chaque soldat, elle est assurément insuffisante si l'on songe que les graisses sont des substances énergétiques de premier ordre, indispensables à la fois à l'assimilation des viandes et à l'apprêt des légumes. Les règlements prévoient seulement 30^g de lard sans que le complément puisse être fourni d'une façon certaine sous une autre forme.

Pour la ration officielle en légumes attribuée au soldat français en temps de guerre, savoir : *légumes secs* (riz ou haricots, ou lentilles, etc.), 100^g, ou *légumes frais* (carottes, pommes de terre, etc.), 1000^g; ces quantités semblent satisfaire théoriquement aux besoins de légumes indispensables non seulement pour assurer l'apport des hydrates de carbone nécessaires, mais pour combattre, par les sels végétaux de potasse qu'ils apportent, l'acidité des humeurs et empêcher ainsi l'acidose, le scorbut, les embarras intestinaux qu'entraînerait l'usage trop exclusif de la viande.

Il y a donc lieu, d'une part, d'assurer la consommation régulière de ces légumes et, d'autre part, de réaliser des alternances convenables éminemment propres à stimuler les sécrétions gastriques et intestinales sans amener le sentiment de satiété qui résulte de l'abus de la viande.

II. Pour cela, il serait désirable que la ration individuelle de graisses et de légumes soit distribuée, non pas toujours à l'état d'aliments crus, mais bien d'aliments cuits, au besoin en boîtes stérilisées, tout prêts en un mot à être consommés par le soldat; car, écrit un critique militaire bien célèbre, « il faut des heures pour faire la soupe, et plus d'une fois le soldat se serre le ventre, parce que la viande, trop fraîche peut-être, n'a pas voulu cuire, *que les légumes sont immangeables*, que le vent ou la pluie ont fait manquer la cuisine ou que des tourbillons de poussière enveloppent le camp et les fourneaux ». (*Von der Goltz.*)

M. L. Goulut, officier d'administration de l'armée, a déjà attiré l'attention sur l'importance des conserves de viande avec légumes. Nous avons cru plus aisé de résoudre le problème en tenant compte des données scientifiques et de l'ordre de choses, établi en temps de paix, qu'il serait difficile de modifier brusquement. La formule suivante, réunissant la ration de graisses et de légumes en un seul tout, nous paraîtrait la plus judicieuse :

Poitrine de porc (contenant 50 p. 100 de muscles).	100^{g}	le tout stérilisé à 115°-120°
Haricots	90	
Carottes	100	
Assaisonnement, sel et poivre, etc.	q. s.	

Les graisses s'allient fort bien aux légumes qu'ils rendent plus savoureux; le choix provisoire de ceux-ci (modifiable suivant les besoins et les ressources) semble bien correspondre aux habitudes alimentaires de nos soldats. Ils apprécieraient certainement cette modification dans la façon de leur présenter leurs vivres en période de combats.

Il suffirait d'emprunter les légumes nécessaires au stock actuellement en dépôt dans les stations magasins de l'armée ou de les réquisitionner dans le civil.

L'élévation de la ration en lard, qui semble devoir être portée de 30^{g} à 60^{g} ou 70^{g}, comporte, il est vrai, une dépense supplémentaire, mais elle serait compensée par la suppression de tout gaspillage et par l'énorme simplification de distribution et de transport des produits séparés : riz, haricots, lard, sel, etc., qui nécessitent de nombreux convois, enfin par une comptabilité simplifiée.

Conclusion. — La distribution des légumes sous forme de conserves, cuits et prêts à être consommés, comme la conserve de viande, présenterait le double avantage : 1° de procurer au soldat la ration indispensable en

graisses et légumes faciles à être utilement consommés; 2° de réduire sur le champ de bataille les impedimenta du matériel de cuisine et les incertitudes d'une préparation toujours longue, peu agréable et par suite mal utilisée par le soldat.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures et quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MARS 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Ch. Lallemand** présente à l'Académie, de la part de M. le général Madsen, directeur du Service géodésique de Danemark, le fascicule n° 14 (nouvelle série) des *Mémoires* de ce Service, contenant la description d'un appareil qui enregistre photographiquement les mouvements du pendule, dans la mesure de la gravité, par la méthode des coïncidences. L'existence de cet appareil avait déjà été signalée par son auteur, M. Madsen, à la dernière Conférence générale tenue à Hambourg, en septembre 1912, par l'Association géodésique internationale.

M. **Ch. Lallemand** présente également à l'Académie, de la part de M. J. de Schokalsky, une *Carte hypsométrique* de l'Empire russe à l'échelle de $\frac{1}{12\,000\,000}$.

PRÉSENTATIONS.

M. le **Ministre de l'Intérieur** invite l'Académie à lui présenter une liste de trois de ses Membres, sur laquelle il désignera celui qui sera appelé à siéger, pour trois ans, au *Conseil supérieur d'Hygiène publique de France*, M. E. Roux, membre sortant, étant rééligible.

L'Académie, conservant les présentations antérieures, désigne :

En première ligne	M. **E. Roux**
En deuxième ligne, par ordre alphabétique. . . .	M. **A. Dastre** M. **A. Laveran**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le fascicule X (texte) des *Études de Lépidoptérologie comparée*, par M. Charles Oberthür. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

ASTRONOMIE. — *Premiers éléments de la comète Mellish.* Note de M. **Paul Brück**, présentée par M. B. Baillaud.

Les observations qui ont été prises comme bases de ce calcul sont : une observation du 15 février, télégraphiée par l'Observatoire de Taschkent, et deux observations des 20 et 25 février que M. Coggia a communiquées à l'Académie le 1er mars et que M. Bourget avait eu l'obligeance d'envoyer directement à M. Lebeuf.

Passage au périhélie : 1915 juin 25,807, temps moyen Paris.

Distance du périhélie au nœud...	264°.58′. 3″	éq. écl. 1915,0
Longitude du nœud	63.27.45	
Inclinaison	64.20.10	
Log. de la distance périhélique..	$\bar{1}$,82905	

Avec les observations employées, on se trouve dans le cas où la méthode d'Olbers n'est pas applicable. J'ai l'intention de prendre ces éléments comme point de départ pour une étude plus précise de l'orbite.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Dosage du saccharose dans les betteraves ayant subi le gel et le dégel.* Note (¹) de M. **Émile Saillard**, présentée par M. L. Maquenne.

En novembre 1914, la température en rase campagne s'étant abaissée pendant quelques jours jusqu'à − 10°, puis s'étant relevée, les betteraves

(¹) Séance du 15 mars 1915.

arrachées et non couvertes ont subi successivement le gel et le dégel. Des racines conservées en tas, se dégageait une odeur d'alcool; beaucoup d'entre elles laissaient échapper, en un ou plusieurs points de leur surface, des gaz et un liquide gommeux collant aux doigts.

Les jus étaient jusqu'à 10 fois plus acides que chez les betteraves ordinaires; cette acidité augmentait encore par la conservation, en même temps que la viscosité des jus diminuait, comme si la matière gommeuse avait subi une hydrolyse partielle de la part des acides formés.

En sucrerie, les jus de première carbonatation déposaient un enduit visqueux sur les toiles des filtres-presses, d'où filtrations difficiles; les produits épurés d'usine étaient plus colorés que d'ordinaire.

Cinq échantillons de betteraves ainsi altérées, prélevés sur un même tas et qui, au moment de l'arrachage, titraient 15 à 16 pour 100 de sucre, ont donné à l'analyse les résultats suivants :

		I.	II.	III.	IV.	V.
Sucres réduct. avant inversion		5,10	2,45	2,31	1,77	1,00
Saccharose	méthode chimique	5,26	8,37	9,50	10,67	12,82
	méthode optique	4,96	8,16	9,16	10,32	»

Ces chiffres montrent : 1° que les betteraves altérées qui contiennent le plus de sucres réducteurs sont aussi celles qui contiennent le moins de saccharose et qu'une grande partie du sucre primitif a disparu par fermentation visqueuse; 2° que la méthode chimique de dosage du saccharose a donné des résultats plus élevés que la méthode optique Clerget (c'est le contraire qui devrait se produire), alors que, pour des betteraves saines, les deux méthodes donnent les mêmes nombres. Les méthodes ordinaires ne conviennent donc pas pour doser le sucre dans les betteraves ayant subi le gel et le dégel.

Nous nous sommes alors adressé à la méthode d'inversion par la sucrase de levure, déjà employée par M. Ogilvie, chimiste anglais, mais pour doser le sucre dans les mélasses. Voici comment nous opérons :

Le jus de digestion aqueuse à froid (pulpe fine de presse Herles), sans déféquant ($16^g,26$ de pulpe fine amenés à $100^{cm^3},5$), est filtré sur tampon de coton, puis sulfité à froid par SO^2 gazeux et neutralisé avec du carbonate de chaux pur et sec. Après addition d'un peu de kieselguhr on filtre et l'on soumet à l'inversion diastasique à 50°-55°. On détermine la polarisation et les sucres réducteurs avant et après l'inversion; on établit le sucre Clerget d'inversion diastasique avec la formule Clerget et le coefficient d'inversion correspondant à ce mode opératoire (par inversion diastasique d'une solution sucrée de même teneur en saccharose que le jus); enfin, on calcule la richesse

en saccharose qui ressort du dosage des réducteurs avant et après l'inversion diastasique.

La solution active est obtenue en faisant macérer pendant 24 heures 5g de levure pressée dans 100^{cm^3} d'eau, additionnée de quelques gouttes de chloroforme. Avec 10^{cm^3} de cette liqueur et 75^{cm^3} de jus l'inversion totale exige environ 5 heures; on s'assure qu'elle est bien terminée avant de poursuivre les opérations.

On trouve ainsi pour les betteraves saines les mêmes résultats qu'avec l'inversion chlorhydrique à 69°, aussi bien par la méthode chimique que par la méthode optique. Mais avec les betteraves dégelées l'inversion chlorhydrique donne un chiffre de saccharose plus élevé que l'inversion diastasique, et plus élevé par la méthode chimique que par la méthode optique. Ces deux méthodes donnent, au contraire, le même nombre dans les liquides soumis à l'inversion diastasique : c'est évidemment celui-ci qui exprime la véritable richesse des jus en saccharose et que nous devrons adopter.

a. Betterave saine un peu desséchée.

	Réducteurs		Saccharose	
	avant inversion.	après inversion.	par le coeff. 0,95.	méthode optique.
Inversion chlorhydrique à 69°.......	0,16	23,02	21,72	21,71
Inversion diastasique à 50°-55°......	0,16	23,02	21,72	21,71

b. Betterave ayant subi le gel et le dégel.

Inversion chlorhydrique à 69°.......	4,34	9,40	4,80	2,97
Inversion diastasique à 50°-55°......	4,34	5,60	1,23	1,19

Il existe donc, dans les betteraves dégelées, une ou des substances hydrolysables par l'acide chlorhydrique et insensibles à l'action de la sucrase, par conséquent différentes du saccharose.

Ces sucres réducteurs, qui tirent leur origine de polyoses autres que le sucre proprement dit, sont fermentescibles. L'expérience a été faite avec des jus de digestion à froid, simplement épulpés et acidifiés avec de l'acide sulfurique.

Après fermentation poussée assez loin, les jus sains ont fourni un rendement en alcool correspondant aux sucres disparus. Comme les précédents, les jus fermentés de betteraves ayant subi le gel et le dégel ont accusé la même richesse en réducteurs avant et après inversion diastasique, mais ils en ont accusé davantage après l'inversion chlorhydrique; le rendement en alcool dépassait, en outre, celui qui correspondait au saccharose et aux sucres réducteurs préexistants dans le jus.

	Avant fermentation. — Réducteurs		Après fermentation. — Réducteurs	
	avant invers.	après invers.	avant invers.	après invers.
a. Betterave saine.				
Inv. chlorhydrique à 69°......	0,18	19,63	traces	traces
Inv. diastasique à 50°-55°.....	0,18	19,63	traces	traces
b. Betterave ayant subi le gel et le dégel.				
Inv. chlorhydrique à 69°......	3,10	10,93	0,13	1,76
Inv. diastasique à 50°-55°.....	3,10	8,83	0,13	0,13

L'expérience a montré, d'autre part, que les substances hydrolysables autres que le saccharose, qui, d'après ce qui précède, accompagnent celui-ci dans les betteraves dégelées, peuvent être transformées en sucres réducteurs non seulement par l'acide chlorhydrique à 69°, mais encore par le même acide à froid, ainsi que par les acides tartrique ou acétique dès la température de 30°.

Il faut en conclure que *l'alcool fourni par la fermentation des betteraves dégelées provient en partie des substances hydrolysables, autres que le saccharose, qui ne sont pas modifiées par l'invertine, mais qui sont susceptibles de se transformer peu à peu en sucres réducteurs fermentescibles sous l'influence des acides que renferment les jus en fermentation, à* 28°-30° *de température.*

Ces racines conviennent donc mieux à la fabrication de l'alcool qu'à celle du sucre (à partir d'un certain degré d'altération).

Ces expériences ont été faites avec la collaboration de MM. Wehrung et Ruby.

CHIMIE. — *Sur le théobrominate de calcium cristallisé.* Note de M. Louis Rousseau, présentée par M. Guignard.

Le théobrominate de calcium, qui fait l'objet de cette Note, est une combinaison cristallisée, que nous avons obtenue en faisant réagir en présence de l'eau, bien privée de gaz carbonique, 1^{mol} de chaux, aussi pure que possible, sur 2^{mol} de théobromine cristallisée.

Les deux corps se combinent à l'ébullition et, par refroidissement, on obtient une masse cristallisée, formée de longues et fines aiguilles groupées autour d'un centre commun.

Le produit, essoré rapidement, est desséché sur des plaques poreuses, à l'abri de l'acide carbonique de l'air.

Le dosage de la chaux indiquerait, dans le sel obtenu, une proportion d'eau comprise entre 11^{mol} et 12^{mol}, pour 1^{mol} de sel anhydre.

Maintenu au-dessus de l'acide sulfurique, il a une composition qui correspond à la formule $(C^7H^7Az^4O^2)^2Ca, 9H^2O$.

Vu la difficulté de dessécher complètement le produit à l'abri de l'acide carbonique de l'air, il nous a paru préférable d'en faire l'analyse sur l'hydrate à 9^{mol} d'eau.

Dans ces conditions, voici les résultats fournis par les deux analyses suivantes :

	Analyses.		Calculé pour $(C^7H^7Az^4O^2)^2Ca, 9H^2O$.
C	29,90	30,01	30,00
H	5,83	5,78	5,71
Az	19,88	20,00	20,00
O	37,29	37,08	37,15
Ca	7,10	7,13	7,14
	100,00	100,00	100,00

Caractères. — Le théobrominate de calcium perd difficilement son eau de cristallisation vers 120°.

1^g de théobrominate de calcium à $9H^2O$ se dissout dans 64 parties d'eau à + 16° et 14 parties à + 100°.

On n'observe aucun phénomène de dissociation dans l'eau, ni à froid, ni à chaud.

La solubilité dans l'alcool est très faible : 1 partie pour 625 parties d'alcool à 90° bouillant.

Comparée à la solubilité de la théobromine, celle du théobrominate de calcium est 25 fois plus élevée dans l'eau froide, 10 fois plus dans l'eau bouillante et 7 fois plus dans l'alcool à 90°.

L'acide carbonique réagit sur le théobrominate de calcium, en régénérant la théobromine, avec formation de carbonate de calcium, d'où la nécessité de le conserver à l'abri de l'air.

Les acides étendus donnent un résultat analogue, en fournissant le sel de calcium correspondant à l'acide employé, mais en séparant la théobromine *à l'état colloïdal*.

Cette réaction nous conduit à penser que la rapidité et l'intensité

marquées des effets diurétiques du théobrominate de calcium seraient dues à cet état colloïdal, sous lequel la théobromine doit être régénérée par l'action du suc gastrique.

GÉOLOGIE. — *La limite alpino-dinarique dans les environs du massif de l'Adamello.* Note [1] de MM. **Maurice Lugeon** et **Gerhard Henny**, présentée par M. H. Douvillé.

La limite alpino-dinarique, d'après Termier [2] et Salomon [3], se trouverait le long de la faille du Tonale, au nord du massif de l'Adamello. Cependant l'existence de cette faille qui séparerait les schistes du Tonale de ceux dits d'Edolo a été mise en doute par Hammer et Trener [4].

Il ne nous a pas été possible de trouver une limite tranchée entre ces deux formations; nous avons constaté au contraire un passage graduel de l'une à l'autre. Force nous est donc de rejeter l'hypothèse de la faille du Tonale.

Les schistes du Tonale étant une formation alpine indiscutée, les schistes d'Edolo auxquels ils passent se rattachent également aux Alpes. La limite alpino-dinarique doit donc se trouver au sud de ces derniers schistes.

D'après Salomon, la limite méridionale des schistes d'Edolo est formée par une bande permo-carbonifère qui près de Malonno atteint la plaine de la Valle Camonica.

Nos recherches aboutissent à la conclusion que cette bande permo-carbonifère fait partie d'une écaille dinarique reposant sur l'autochtone dinarique. L'écaille est composée de schistes cristallins à la base surmontés par des quartzites carbonifères, de schistes et conglomérats de Groeden (Permien) et des schistes werfeniens dans lesquels nous avons trouvé, au-dessus de Malonno, un gisement à *Naticella costata*. Ici, le Werfenien broyé est en contact visible avec les schistes d'Edolo, et s'enfonce sous eux.

---

(1) Séance du 15 mars 1915.

(2) P. Termier, *Les Alpes entre le Brenner et la Valteline* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. 5, 1905).

(3) W. Salomon, *Die Adamellogruppe* (*Abh. der k. k. geol. Reichsanstalt*, t. 21, 1908).

(4) W. Hammer et Trener, *Erläuterungen zur geol. Karte der Oesterr.-Ung. Monarchie*, feuille Bormio et Passo del Tonale, 1908.

La limite méridionale des schistes d'Edolo, qui est donc en même temps la limite alpino-dinarique, se laisse suivre vers le Sud-Ouest dans des hauteurs qui dépassent 2000^{m}; elle tourne autour du mont Torsoleto pour se diriger vers la Valtelline. En s'approchant de cette vallée, les couches werfeniennes et permiennes de l'écaille s'étirent et dans la vallée de Belviso nous ne trouvons que les quartzites carbonifères. Ici se sont arrêtées nos recherches, mais il n'est plus douteux que la limite ne rejoigne la Valteline et ne se raccorde avec la limite méridionale de la zone du Canavese.

Partout nous observons que les couches dinariques plongent de 40° à 50° sous les couches alpines.

Au Sud, l'écaille de Malonno, sur le versant gauche de la vallée d'Aglione repose sur une bande permo-carbonifère signalée par Salomon. C'est l'autochtone dinarique. Cette bande forme le flanc nord d'un vaste anticlinal dont l'axe se dirige parallèlement à la vallée. C'est l'anticlinal insubrien qui partout accompagne la limite alpino-dinarique et que nous avons signalé dans une Note précédente. La chaîne orobienne serait le noyau cristallin de ce pli à vaste rayon. Le flanc méridional supporte l'immense épaisseur des sédiments dinariques.

Plus loin vers l'Est se dresse la gigantesque masse intrusive tonalitique de l'Adamello.

Quand on s'approche du massif du côté occidental, nous constatons qu'à l'est de Cedegolo, l'anticlinal cristallin insubrien se perd dans la masse tonalitique (¹). L'écaille de Malonno peut être suivie dans la Val Gallinera et bien entendu avec elle la limite alpino-dinarique. Mais elle se perd également dans la batolite (²).

Il semblait à première vue que l'immense masse intrusive devait rendre impossible la poursuite de la limite alpino-dinarique. Tel n'est cependant pas le cas et nous pouvons retrouver cette limite au delà du massif.

Nous savons que l'écaille de Malonno diminue d'importance dans la direction de la Valteline. Il en est de même dans la direction de l'Adamello. Quand au delà, vers l'Est, de la plaine d'alluvion du Val Camonica on la voit réapparaître dans le bas des pentes occidentales de l'Adamello, les schistes cristallins qui forment sa base sont fort peu épais. Il n'est donc

(¹) Les schistes d'Edolo indiqués par Salomon sur sa Carte géologique ne sont pas les schistes cristallins autochtones.

(²) L'existence du Permo-Trias métamorphisé près du Monti Aviolo, donc au nord de la limite alpino-dinarique, ne serait due qu'à la réapparition de l'écaille de Malonno soulevée par l'intrusion tonalitique.

point surprenant que nous ne retrouvions plus l'écaille du côté oriental de l'Adamello.

Ici, divers auteurs placent la fameuse ligne giudicarienne. *Cette ligne n'est autre que la continuation de la limite que nous poursuivons.* Ce n'est point une faille normale, une faille de tassement, mais la trace d'un chevauchement. Au nord du Val di Sole, on constate, ce qui est du reste bien visible sur la Carte géologique d'Autriche au $\frac{1}{75000}$ (feuille Cles) que la série triasique dinarique s'enfonce *sous* les schistes cristallins alpins selon le même dispositif de la retombée septentrionale d'un vaste pli qui n'est que la prolongation de l'anticlinal insubrien.

On peut suivre cette limite vers le Sud jusqu'au Monte Sabbione ([1]). En ce point, l'anticlinal est coupé par la profonde vallée de Rendena. A l'altitude de 1600^m, au-dessous du sentier qui descend du Monte Sabbione à Giustine et Pinsolo, on voit encore les sédiments triasiques dinariques pénétrer sous les schistes cristallins alpins.

Plus loin il n'y a plus d'affleurements, mais puisque au-dessus de Pinsolo les schistes cristallins dinariques se montrent presque horizontaux, on peut être certain que la limite alpino-dinarique descend dans la vallée de Rendena en amont de Pinsolo. De là elle traversera la masse tonalitique pour rejoindre le Val Gallinera où nous l'avons quittée.

Nous démontrons ainsi que *la ligne giudicarienne, à partir du Monte Sabbione vers le Nord, n'est pas la trace d'une faille normale, mais bien la trace du chevauchement des Alpes sur les Dinarides.* Au delà de l'Adamello vers l'Est, les Dinarides continuent à s'enfoncer sous les Alpes, mais nous ne savons pas encore où s'arrête ce phénomène, que nous suivons depuis les environs de Turin.

Au sud du Monte Sabbione, la ligne giudicarienne n'existe plus comme faille, elle n'est que la limite du sédimentaire reposant normalement sur les roches cristallines dinariques de base.

Nous montrons également que *la vaste masse tonalitique de l'Adamello traverse aussi bien les sédiments alpins que les dinariques. La montée du magna est postérieure à la naissance des nappes alpines.*

Enfin, l'épaississement considérable de la zone du Canavese vers l'Est laisse supposer que c'est elle qui, vers l'Est, forme peut-être les racines des nappes des Alpes orientales.

([1]) Robert Schwimmer, *Der Monte Spinale bei Campiglio*, etc., 1912 (*Mitt. der geol. Gesellsch. in Wien*, t. 5).

MÉTÉOROLOGIE. — *Anomalies dans la distribution des courbes de température en Afrique occidentale.* Note [1] de M. **Henry Hubert**, présentée par le Prince Bonaparte.

Si la répartition des températures à la surface du globe ne dépendait que de la quantité de chaleur envoyée par le Soleil, les lignes isothermes, qui seraient parallèles à l'équateur, limiteraient une série de zones d'égale largeur dont les températures iraient régulièrement en décroissant de part et d'autre d'une zone centrale C, celle-ci se déplaçant alternativement d'un tropique à l'autre en suivant le mouvement apparent du Soleil.

Cette allure toute théorique des isothermes subit de sérieuses modifications en Afrique occidentale. Les unes sont spéciales à certaines régions : redressement jusqu'à la direction méridienne et pendant plusieurs mois des isothermes voisines de la côte sénégalaise (influence de l'alizé); individualisation d'un îlot relativement froid coïncidant avec le Fouta-Djalon (influence du relief). Les autres sont beaucoup plus générales; elles sont dues à la forme massive de l'Ouest africain, à sa position géographique, aux pluies, aux vents, etc. C'est sur celles-ci que je me propose d'attirer l'attention en utilisant les renseignements fournis par des cartes où, pour plus de précision, ont été figurées, pour chaque mois, les courbes des minima, des maxima moyens et de leurs moyennes. Il ne sera question que des chiffres réduits au niveau de la mer, mais, dans l'ensemble, les chiffres bruts donnent des résultats du même ordre.

Minima. — *Janvier-février.* — Conformément à la théorie, les zones de température, orientées grossièrement EO, ont des chiffres qui décroissent du Sud vers le Nord et, dans chacune d'elles, les températures augmentent progressivement dans le temps.

Mars. — Les zones de température ont des chiffres qui, supérieurs à ceux de février, décroissent encore du Sud vers le Nord (de 27°,5 à 20°); mais au milieu de celle, très étendue, comprise entre les courbes de 22°,5 et 25°, s'individualise brusquement un îlot de températures élevées (25° à 27°,5). Ainsi on n'assiste pas au passage, au-dessus du littoral, d'une zone centrale telle que C, signalée précédemment, passage qui ne pourrait avoir lieu normalement qu'en fin avril ou mai, mais qui n'aura

[1] Séance du 15 mars 1915.

jamais lieu, parce que les précipitations, à la côte, feront toujours obstacle à une élévation suffisante des températures. L'îlot de températures élevées, ou centre chaud secondaire F, surgit dans l'intérieur aussi bas en latitude que les précipitations le permettent; il est évident qu'il fait partie du système des zones chaudes qui accompagnent immédiatement la zone centrale C, mais celles-ci, au Sud, sont toutes éclipsées par les pluies.

Avril. — Le centre chaud F, qui pratiquement va remplacer la zone centrale C, se déplace vers le Nord et atteint le 14ᵉ parallèle; en même temps il s'épanouit de façon à former à son tour une zone, de part et d'autre de laquelle les températures sont progressivement décroissantes. Puis, au milieu de cette zone, une autre, à températures encore plus élevées, s'individualise à son tour, sur place. La disposition théorique des courbes se trouve ainsi réalisée; mais, au lieu d'un simple transport vers le nord de la zone centrale C, on a assisté à l'individualisation brusque d'un centre chaud secondaire F au milieu duquel s'individualisent des zones concentriques dont les dernières, qui sont les plus internes, ont les températures les plus fortes.

Mai à août. — L'ensemble des zones les plus chaudes, au lieu de suivre le mouvement apparent du Soleil, se déplace d'abord lentement, puis reste à peu près stationnaire, mais bien au delà du 17ᵉ parallèle. En même temps, les pluies, d'abord abondantes au Sud, progressent vers le Nord et permettent ainsi aux zones fraîches de prendre une extension considérable. Il y a par suite contraction exagérée des zones moyennes intermédiaires.

Septembre-octobre. — La position du Soleil et la diminution progressive des pluies sont deux causes qui s'ajoutent pour favoriser le déplacement de toutes les zones vers le Sud, ce qui entraîne un réchauffement général des pays situés au sud du 14ᵉ parallèle. Mais, si la zone C et le centre chaud F ont pu être pratiquement confondus au cours des mois précédents, il y a de nouveau disjonction. Les zones accompagnant le centre F, restées beaucoup trop longtemps dans le Nord pour pouvoir suivre le Soleil dans son mouvement de régression, subissent simplement un léger déplacement vers le Sud et, en même temps, après contraction progressive, elles s'évanouissent presque sur place en commençant par la plus centrale, la plus chaude. Quant à la zone C, dont la progression, déterminée par le mouvement du Soleil, a été masquée par les pluies des régions méridionales, elle se trouve maintenant au sud de l'Ouest africain et l'une des zones chaudes qui l'en-

tourent atteint le littoral de la Côte d'Ivoire. C'est ce qui explique qu'on observe la présence, vers le 8e parallèle, d'une zone fraîche, de part et d'autre de laquelle les températures *croissent :* au Sud, jusqu'à la côte; au Nord, jusqu'au 14e parallèle, pour décroître ensuite à partir de cette latitude.

Novembre-décembre. — Les dernières zones chaudes du centre F disparaissent au Nord et l'ordre normal constaté en janvier reparaît.

Maxima. — La distribution des courbes des maxima subit des modifications encore plus fortes. Il y a notamment épanouissement autour d'un centre chaud F dès janvier, puis contraction vers ce centre à partir d'octobre. Mais, fait important à noter, la présence de ce centre chaud se manifeste toute l'année *au nord* du 8e parallèle, si bien que les choses se passent comme si le Soleil ne se déplaçait qu'entre cette latitude et le tropique du Cancer, tout en ayant en même temps un mouvement vertical grâce auquel sa distance zénithale serait minima en juillet et maxima vers janvier.

Moyennes. — Quant aux moyennes, elles se comportent :

a. Comme les minima : 1° pour toutes les stations, de décembre à février; 2° pour les stations méridionales, d'avril à octobre;

b. Comme les maxima : 1° pour toutes les stations en mars; 2° pour les stations septentrionales, de mars à octobre.

MÉTÉOROLOGIE. — *Nomogramme représentatif de la formule psychrométrique.* Note de M. **Julien Loisel**, présentée par M. J. Violle.

Dans les stations météorologiques françaises, la formule employée pour le calcul de la tension f de la vapeur d'eau dans l'air est celle de Regnault

$$f = f' - \mathrm{A}h(t - t'), \tag{1}$$

dans laquelle t désigne la température du thermomètre sec, t' celle du thermomètre mouillé, f' la tension maxima correspondante de la vapeur d'eau, h la pression atmosphérique (considérée comme constante dans l'établissement des Tables numériques), A la constante psychrométrique.

J'ai eu l'honneur à différentes reprises de montrer comment les principes si féconds posés par M. d'Ocagne peuvent être utilisés pour établir les

nomogrammes correspondant à diverses formules d'usage courant en météorologie. Je désire aujourd'hui en présenter une nouvelle application à la formule précédente. Cette relation peut s'écrire sous la forme

$$f + \mathrm{A}ht = f' + \mathrm{A}ht'.$$

Il est clair qu'on peut juxtaposer les nomogrammes des deux équations

$$(2) \qquad \begin{cases} f + \mathrm{A}ht = z, \\ f' + \mathrm{A}ht' = z, \end{cases}$$

en adoptant pour chacun d'eux une même échelle z, rectiligne, dont il suffira d'ailleurs de conserver seulement le support. Par le fait de la superposition des échelles, la valeur de z se trouve en effet éliminée.

Cela posé, considérons la première des relations (2). Suivant le principe indiqué par M. d'Ocagne, remplaçons z et t par leurs valeurs en fonction des coordonnées parallèles u et v définies par les relations

$$u = \mu z,$$
$$v = -\mu_1 t,$$

μ et μ_1 désignant des modules arbitraires, et l'axe des u étant pris comme charnière.

Cette équation devient

$$\mu_1 u + \mu \mathrm{A} h v + \mu\mu_1 f = 0;$$

d'où, pour les coordonnées cartésiennes des points de l'échelle f,

$$x = \delta \frac{\mu \mathrm{A} h - \mu_1}{\mu \mathrm{A} h + \mu_1}, \qquad y = \frac{\mu\mu_1 f}{\mu \mathrm{A} h + \mu_1},$$

δ désignant la distance du support de l'échelle à la charnière.

Une transformation analogue opérée sur la seconde des relations (2), en faisant intervenir des coordonnées parallèles u et v' déterminées par les conditions

$$u = \mu z,$$
$$v' = -\mu_2 t',$$

conduit, pour les coordonnées de l'échelle f', aux expressions

$$x' = \delta' \frac{\mu \mathrm{A} h - \mu_2}{\mu \mathrm{A} h + \mu_2}, \qquad y' = \frac{\mu\mu_2 f'}{\mu \mathrm{A} h + \mu_2},$$

δ' désignant la distance du support à l'échelle.

De là résulte que le nomogramme représentatif de l'équation (1) rentre dans le type N_0^2 de M. d'Ocagne ([1]), à échelles rectilignes parallèles à la charnière.

On simplifiera le nomogramme en prenant l'une des échelles pour axe commun des v, et en posant $\delta = \delta'$, ce qui réduit à une seule les deux échelles des tensions.

Le mode d'emploi est alors le suivant : On prend l'alignement $f't'$, puis on le fait pivoter autour du point de rencontre avec la charnière de façon qu'il vienne passer par le point t. L'intersection avec l'échelle f donne un point dont la cote représente la valeur cherchée.

BOTANIQUE. — *Accroissement et scissiparité chez les Péridiniens.* Note ([2]) de M. **Pavillard**, présentée par M. Guignard.

La suture méridienne, antéro-postérieure, de la carapace des Péridiniens Dinophysidés, représente, comme on sait, une ligne de moindre résistance entre deux moitiés symétriques, droite et gauche, disposées comme les valves d'une moule. On rencontre souvent, dans les récoltes pélagiques, des « valves » isolées de *Phalacroma*, *Dinophysis*, particulièrement favorables pour la détermination exacte du profil caractéristique de ces organismes.

Depuis que Stein (1883) a signalé dans quelques *Phalacroma* et *Dinophysis* la présence de bandes longitudinales hétérogènes [zone intercalaire] de part et d'autre de la suture méridienne, le problème de l'accroissement secondaire des Péridiniens symétriques s'est trouvé implicitement résolu dans la pensée de l'auteur et de ses commentateurs immédiats (Bütschli, 1885). Mais, en l'absence d'observations ultérieures, les résultats intéressants obtenus par Stein ont été bientôt perdus de vue; l'attention des naturalistes a été exclusivement absorbée par la discussion relative à l'accroissement secondaire des Péridiniens dissymétriques (*Peridinium*, etc.) et à l'interprétation des bandes intercalaires striées de leur carapace.

Entre temps, une théorie nouvelle, très ingénieuse, de la multiplication scissipare des Dinophysidés, était formulée par F. Schütt (1895); appuyée par de très belles figures, elle ne tardait pas à bénéficier de l'assentiment général. D'après Schütt, la division cellulaire y débute par une désarticulation de la carapace; chaque cellule fille reçoit la moitié (une valve) de la carapace maternelle et régénère individuellement l'autre moitié symétrique. Les valves nouvelles complémentaires, d'abord réduites à une simple pellicule membraneuse amorphe, sont notablement plus petites que les

([1]) *Calcul graphique et Nomographie*, n° 82.

([2]) Séance du 15 mars 1915.

valves anciennes, à l'intérieur desquelles elles se forment; un développement progressif, accompagné de glissement centrifuge, leur permet d'atteindre finalement la taille et la structure de la valve ancienne, pour reconstituer ainsi un individu symétrique et complet.

La nécessité d'un rapprochement direct entre les deux séries de phénomènes, accroissement secondaire et scissiparité, nous a été suggérée par l'argumentation spéciale récemment introduite par A. Meunier (1910) dont les observations concernent deux *Dinophysis* boréaux attribués avec doute aux *D. norvegica* et *D. rotundata*. D'après Meunier, la division cellulaire y est précédée d'un « élargissement du corps, dû à la production, chez les deux valves latérales, d'une large bande hyaline, qui côtoie la suture longitudinale ». Les jeunes individus, préformés dans la cellule mère ainsi dilatée, sont libérés par désarticulation méridienne, et gardent respectivement l'une des valves de la carapace maternelle « avec perte ultérieure des bandes hyalines, à la formation desquelles leur genèse a été subordonnée ».

Zone intercalaire de Stein, zone de glissement de Schütt, zone caduque d'extension scissipare de Meunier constituent évidemment un seul et même objet. Le but de la présente Note est de coordonner ces diverses interprétations en établissant le trait d'union expérimental nécessaire entre les observations généralement exactes de nos prédécesseurs.

J'ai retrouvé des phénomènes de même nature dans plusieurs espèces de *Phalacroma*, les *Ph. cuneus*, *rapa*, *doryphorum*, *mitra*, et dans le *Dinophysis hastata*. A côté des individus normaux, mes récoltes contiennent un certain nombre de spécimens modifiés, caractérisés par un accroissement de volume plus ou moins notable et par l'accumulation de grosses inclusions figurées (réserves nutritives?). L'augmentation de volume résulte du développement de bandes intercalaires de part et d'autre de la suture méridienne. Ces bandes reproduisent toujours, sous une forme simplement atténuée, l'ornementation caractéristique des valves de l'espèce correspondante; différence, probablement essentielle, avec la physionomie classique des bandes striées des Péridiniens dissymétriques.

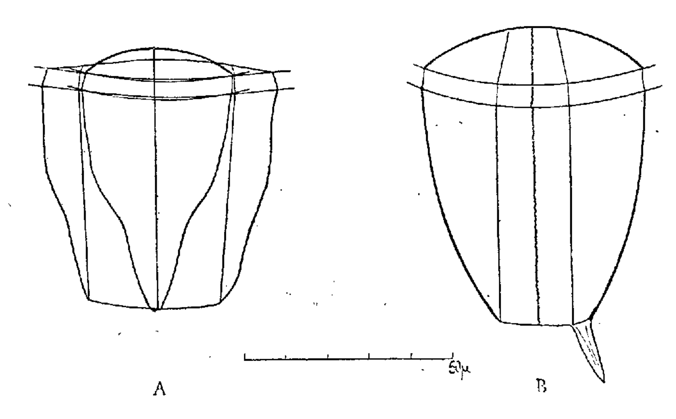
Le *Phalacroma doryphorum* et le *Dinophysis hastata*, pourvus d'un dard antapical-médian, constituent un matériel de choix pour l'identification rapide de ces individus *mégacytiques*. Le dard postérieur très visible, toujours solidaire de la valve droite, l'accompagne aussi dans l'évolution mégacytique, dorénavant séparé du plan de symétrie par toute la largeur de la bande intercalaire correspondante.

Dans le *Phalacroma rapa*, défini par quelques figures médiocres de

l'Iconographie de Stein, l'obésité mégacytique, plus accentuée, comme toujours, du côté dorsal, atteint des proportions exceptionnelles; on serait tenté de croire à deux espèces distinctes si l'on n'avait sous les yeux tous les intermédiaires rapprochés dans une seule et même récolte.

J'ai plusieurs fois observé les cellules jeunes de *Phalacroma doryphorum* en voie de reconstitution; la bande intercalaire, déjà morcelée, n'était plus représentée que par des fragments irréguliers plus ou moins étendus le long de la ligne de suture.

La solidarité constante du dard postérieur et de la valve droite entraîne,



A. *Phalacroma rapa*. Projection superposée de deux individus, l'un normal, l'autre mégacytique, vus par le côté dorsal. — B. *Phalacroma doryphorum*. Vue dorsale d'un individu mégacytique.

dans cette espèce, un dimorphisme accentué des cellules filles. Les jeunes individus *gauches*, héritiers de la valve maternelle gauche, sont entièrement dépourvus de cet appendice caractéristique. La régénération du dard postérieur, encore inconnue, accompagne probablement le développement structural de la nouvelle valve droite complémentaire, et correspond sans doute à l'activité morphogénique d'un cytoplasma extra-membraneux.

Il n'existe donc pas d'accroissement secondaire authentique chez les Péridiniens symétriques; la formation de zones intercalaires est une préparation morphologique à la division cellulaire. Le schéma de cette division, proposé par Schütt, n'est exact que dans sa première partie. Les valves complémentaires des cellules filles s'établissent d'emblée dans leur situation et avec leurs dimensions définitives à la lisière de la valve maternelle proprement dite. La bande intercalaire n'est pas une zone de glissement, mais un écran protecteur transitoire, éliminé à l'issue de la division.

La division cellulaire rétablit ainsi le type spécifique normal dont les individus mégacytiques, prédestinés à la scissiparité, représentent une déviation.

La physionomie générale du phénomène offre une analogie curieuse avec l'auxosporulation des Diatomées; mais nous ne pensons pas, contrairement à Meunier, qu'elle « rende très étroites les affinités entre les Péridiniacées et les Diatomacées ».

Relevons enfin brièvement quelques conséquences systématiques :

Le *Phalacroma vastum*, rencontré et figuré par Schütt en état de division, représente la forme mégacytique d'une espèce dont l'organisation normale correspond à la soi-disant variété *acuta* du même auteur.

Quant au *Phalacroma Rudgei* de Murray et Whitting, muni de larges plaques suturales, il constitue évidemment l'état mégacytique d'un Péridinien dont le type spécifique demeure actuellement inconnu.

HYGIÈNE. — *Les conserves des armées en campagne*. Note de M. **J. Basset**, présentée par M. A. Laveran.

Les conserves ont pris une importance considérable due à ce que les conditions de la guerre moderne permettent rarement au soldat de tremper la soupe. Au moins convient-il de ne pas priver le combattant de certains aliments, des légumes en particulier, qui entraient dans la confection de la soupe régimentaire, et de présenter les aliments conservés sous une forme adaptée aux conditions d'utilisation. Les conserves en usage sont : le bœuf assaisonné, le porc rôti, le potage aux haricots.

Le *bœuf assaisonné* a été fabriqué de manière intensive. Le contenu d'une boîte dite de 300^g correspond en poids à : viande en quartier, 624^g; bouillon à 7° B., 60^g; carottes cuites, 15^g, destinées à corriger un peu le « goût de conserve ».

Le bœuf assaisonné a rendu des services, il en rendra encore; mais quel que soit le soin apporté à sa fabrication, on ne peut prolonger cette alimentation sans provoquer des troubles digestifs et bientôt une répugnance invincible (toute physiologique) qui entraîne une double conséquence : le gaspillage des conserves; la nécessité pour le soldat de recourir à des vivres ne provenant pas de l'ordinaire.

Seul, le régime mixte convient à maintenir l'équilibre de l'organisme normal et tout le monde s'accorde à réclamer, pour nos troupes, plus de

corps gras et d'aliments végétaux. On objectera que le soldat du front n'est privé ni des uns, ni des autres, puisqu'il « touche » du riz, de la farine de haricot ou de pois mélangée de graisse (potage aux haricots). Mais, si ces matériaux ne sont pas utilisés ou ne le sont que très partiellement, leur distribution n'aboutit à rien qu'à un gaspillage regrettable.

Le problème est le suivant : Sans augmenter les dépenses, sans troubler les services, sans changer le modèle des boîtes, assurer aux troupes de première ligne des aliments composés en justes proportions de viande, de graisse, de céréales, de légumes préparés d'avance et présentés sous forme de *plats appétissants et variés*. A cette fin nous avons préparé et nous proposons quatre conserves nouvelles : un hachis de bœuf aux légumes; un ragoût de bœuf aux légumes; des rillettes; un cassoulet (haricots ou pois et poitrine de porc) (¹).

A. CONSERVES A BASE DE VIANDE DE BŒUF. — I. *Le bœuf haché aux légumes*. — Le contenu de la boîte dite de 300^g correspond en poids à : viande en quartier, 468^g; graisse de bœuf, 20^g; carottes crues, 100^g; oignons crus, $12^g,5$; bouillon à 4° B., 40^g; sel épicé, 3^g.

Ses avantages sont multiples : à capacité nutritive égale, sa composition est plus rationnelle que celle du bœuf assaisonné, puisqu'il contient des légumes et de la graisse incorporée. (Le suif, qui remplace une partie de la viande dans la fabrication actuelle, est rejeté par le soldat quand la conserve est consommée froide). La forme très divisée du hachis en facilite la digestion. Il se prête excellemment à la confection de tartines : il fait consommer beaucoup de pain. Il constitue le type du repas froid. Il permettrait de ménager un peu nos bovidés. Son prix de revient est inférieur à celui du bœuf assaisonné : 391^{fr} au lieu de 480^{fr} les 100^{kg}.

II. *Le bœuf en ragoût*. — Varier l'alimentation est un principe d'hygiène qui vaut en temps de guerre comme durant la paix. Il est facile, avec le bœuf comme base, de composer un plat chaud offrant les avantages d'un aliment complet, hygiénique, agréable. Puisqu'il s'agit d'un repas chaud, la boîte individuelle ne s'impose pas et il y aurait avantage à loger cette conserve en boîtes contenant une ration double ou, plus précisément, une ration pour deux hommes. Le contenu de la boîte dite de 600^g correspond en poids à : viande en quartier, 520^g; graisse de bœuf, 10^g; pommes de terre crues, 250^g; haricots secs, 44^g. C'est-à-dire qu'elle représente, très

(¹) Il est impossible d'entrer ici dans les détails de fabrication; qu'on veuille bien me permettre d'affirmer que la préparation de ces conserves est des plus simples.

exactement, les quantités de viande et de légumes qui doivent composer la ration forte de campagne.

Les carottes doivent être rejetées, parce qu'elles contiennent trop d'humidité et sont, partant, trop encombrantes. La sauce incite à consommer beaucoup de pain. Le quintal métrique, logé, coûterait 277^{fr}. La ration de légumes, par homme et par jour, reviendrait à $0^{fr},223$. Il permettrait d'épargner un peu notre bétail.

B. Conserves a base de viande de porc. — I. *Le porc rôti.* — C'est une conserve parfaite, car la viande de porc se prête fort bien à cette transformation. Très agréable à manger froid, le confit de porc est la conserve type des troupes de première ligne.

Mais le porc rôti coûte cher. Il ne devrait pas cependant, d'après mes essais de rendement, excéder 520^{fr} les 100^{kg} logés. A ce prix, et à condition de faire du porc une utilisation plus complète, plus rationnelle, il n'y aurait que des avantages à accroître cette fabrication.

II. *Les rillettes.* — En dehors du « rôti » le porc fournit actuellement du lard en bandes et du saindoux. Les rillons, reliquat de la préparation du saindoux, représentent 11 pour 100 en poids du gras traité. Il conviendrait de les utiliser et d'utiliser aussi la chair des côtes qui représente, pour 100 porcs de 100^{kg} morts, 230^{kg} en moyenne de « viande de hachage ». Convenablement traités, ces produits permettent de préparer des rillettes excellentes.

Les rillettes sont parfaitement adaptées aux conditions du repas froid; elles font consommer beaucoup de pain et leur capacité nutritive est élevée. Leur qualité est très supérieure à celle de beaucoup de pâtés en boîtes que les soldats ou leurs familles payent relativement fort cher. Tout compris la boîte de 300^{g} de rillettes reviendrait à $0^{fr},435$.

III. *Le cassoulet.* — Il est composé principalement, de haricots (ou de pois) et de poitrine de porc demi-salée. La boîte dite de 300^{g} correspond à : viande crue, 20^{g}; saindoux, 30^{g} [1]; haricots secs, 100^{g}, c'est-à-dire qu'elle contient exactement, sous une forme particulièrement agréable, la ration journalière de légumes et de graisse.

Le cassoulet permettrait d'utiliser économiquement la poitrine de porc; de sup-

---

[1] Ces chiffres représentent des moyennes. Dans la pratique on utilisera 65^{g} de poitrine maigre. Si l'on est obligé d'employer des poitrines grasses, il conviendra de ne pas dépasser 50^{g}.

primer la plus grande partie du riz actuellement distribué et fort mal accepté des troupes; de restreindre la fabrication du potage aux haricots, peu pratique et qui coûte $0^{fr},50$ la boîte de 200^{g}. Le cassoulet reviendrait, logé, à 155^{fr} le quintal métrique.

En *résumé*, nous pensons qu'il conviendrait : de restreindre la fabrication du bœuf assaisonné, du potage aux haricots, les distributions de riz; d'augmenter la fabrication du porc rôti; de décider la fabrication des quatre plats nouveaux que nous venons de proposer. Les armées disposeraient alors : *a*. de deux plats froids : hachis de bœuf aux légumes, rôti de porc, et même de trois avec les rillettes; *b*. de deux plats chauds : ragoût de bœuf et cassoulet; *c*. d'un plat pouvant être consommé froid ou chaud : le bœuf assaisonné.

Grâce aux bons soins de l'Intendance, notre arsenal culinaire est pourvu de munitions abondantes; nous demandons qu'on apporte un peu de variation dans leur fabrication. Nous le demandons au nom de l'hygiène, au nom du mieux-être du soldat dont le ravitaillement serait amélioré et facilité. Cette réforme ne coûterait rien à l'État. Elle permettrait une judicieuse économie de nos bovidés.

MÉDECINE. — *Sur la vaccination expérimentale contre le vibrion du choléra par le vaccin stérilisé par l'éther*. Note de M. **H. Vincent**, présentée par M. A. Laveran.

Depuis que Ferran a démontré, en 1885, que le cobaye, ayant résisté à l'infection par le bacille cholérique vivant, est devenu réfractaire à une nouvelle inoculation, Klemperer, Haffkine, Klein, Pfeiffer et Isaeff, Roux, Metchnikoff et Salimbeni, etc. ont confirmé la possibilité de réaliser, chez l'animal, la même immunité par des cultures vivantes ou stérilisées par la chaleur.

J'ai recherché si la méthode des vaccins à l'éther, que j'ai appliquée à la prévention d'autres maladies (fièvre typhoïde, paratyphus A et B, fièvre de Malte, staphylococcie), permet d'obtenir un moyen efficace de protection contre l'infection cholérique expérimentale.

Le vibrion du choléra est tué avec une extrême rapidité par l'éther. Dans des expériences faites à ma demande, MM. Louis et Combe ont vu que cette action bactéricide se produit en une ou deux minutes.

J'ai cultivé sur gélose plusieurs races de bacille du choléra. Après

24 heures de séjour à 38°, les cultures, mélangées et émulsionnées dans l'eau physiologique, ont été fortement agitées avec de l'éther. La couche surnageante, riche en substances lipoïdes, se présente sous forme d'un disque blanchâtre et assez cohérent. La couche sous-jacente, stérile et notablement éclaircie, est seule utilisée comme vaccin.

On a injecté, à plusieurs lots de cobayes, dont le poids oscillait entre 475^{g} et 600^{g}, soit *sous la peau*, soit *dans le péritoine*, 0$^{cm^3}$, 5, 1$^{cm^3}$ et 1$^{cm^3}$ de ce vaccin. Certains animaux ont reçu seulement deux injections. Les injections ont été faites à 5 ou 6 jours d'intervalle.

10 à 12 jours après la seconde ou la troisième injection, tous ces animaux ont reçu dans le péritoine 2$^{cm^3}$ de culture, âgée de 24 heures, d'un vibrion vivant et très virulent. A cette dose, ce vibrion a tué les cobayes témoins non immunisés en 14-16 heures [1].

Les animaux ainsi soumis à l'épreuve de l'infection n'ont présenté aucun symptôme morbide et ont parfaitement résisté. L'un d'entre eux a maigri progressivement et a succombé 6 jours après, sans lésion du péritoine. L'ensemencement du sang a donné un court bactérium immobile, dont la présence résultait d'une infection accidentelle.

Un cobaye pesant 600^{g} a été immunisé par trois injections intrapéritonéales, à doses semblables, des mêmes cultures chauffées à 56° pendant 1 heure. Il a succombé en 19 heures à la suite de l'inoculation virulente. Son liquide péritonéal, abondant et louche, a donné une culture normale du bacille cholérique.

Quelle que soit la voie d'introduction du vaccin à l'éther (sous-cutanée ou péritonéale), ce vaccin donne, en conséquence, la protection contre l'infection du péritoine par un vibrion cholérique très pathogène.

Il est encore utile de noter :

1° Que la stérilisation des cultures du bacille du choléra par l'éther étant presque immédiate, on possède ainsi une méthode rapide et efficace de préparation du vaccin anticholérique;

2° Que l'éther soustrait aux corps bactériens les substances lipoïdes inutiles pour la production de l'immunité et diminue, par suite, la toxicité du vaccin anticholérique;

3° Que les bacilles traités par ce moyen sont fragmentés ou dissociés, ce qui favorise leur bactériolyse facile *in vitro* et leur résorption rapide *in vivo* : constatation qui a une valeur très appréciable dans la prévention du choléra,

---

(1) Ces cultures m'ont été très obligeamment données par MM. Salimbeni et Legroux, que je remercie vivement.

où la sécrétion des anticorps doit être obtenue dans le plus bref délai, en raison de la courte durée de l'incubation de cette maladie;

4° Que cette méthode, qui m'a permis de préparer des vaccins préventifs contre diverses maladies infectieuses, *se comporte*, en conséquence, *comme une méthode générale*, qui conserve aux microbes tués les propriétés immunigènes des microbes vivants, sans en offrir les dangers.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques traits de la biologie des Coraux des grandes profondeurs sous-marines.* Note (¹) de M. Ch.-J. Gravier, présentée par M. E. Perrier.

L'étude de la riche collection de Madréporaires dragués dans les profondeurs de l'Atlantique par le Prince de Monaco et l'examen des résultats acquis dans les récentes explorations des abysses, permettent de saisir quelques traits de la biologie de ces animaux qui, par leur habitat même, échappent à l'observation directe. Les Coraux constructeurs des récifs, que j'ai pu voir en pleine activité dans le golfe de Guinée et surtout dans la baie de Tadjourah (océan Indien), ne se développent, à de rares exceptions près, que dans les couches superficielles des mers tropicales, où la température ne descend guère au-dessous de 20°C.; ils prospèrent surtout à quelques mètres de la surface, dans des eaux d'une transparence parfaite, traversées par les radiations d'un soleil torride. Ceux des mers profondes vivent à des distances de la surface qui peuvent dépasser 4000^{m} et même 5000^{m}, là où règne une obscurité complète et permanente et où la température des eaux s'élève peu au-dessus de 0° C. Certains d'entre eux s'accommodent des profondeurs les plus diverses, depuis une quarantaine de mètres jusqu'à plus de 3000^{m}. Plusieurs espèces des genres *Flabellum*, *Caryophyllia* et *Bathyactis* peuvent même évoluer dans des milieux où la température descend à — 1° C. Au lieu d'être localisés dans la zone torride, les Coraux des grands fonds vivent dans toutes les mers; dans les abysses, les caractères physiques du milieu varient peu avec la latitude.

C'est sur un substratum solide que se développent presque toujours les Madréporaires des récifs; c'est sur des fonds peu consistants (vase à Globigérines, sable vaseux, etc.) que grandissent le plus souvent les Coraux des grandes profondeurs. La nature du support a, sur l'évolution de certaines formes, une notable influence. Ainsi, lorsque le *Caryophyllia clavus*

(¹) Séance du 15 mars 1915.

Scacchi se fixe, au début de son existence, sur des Coraux morts (*Lophohelia*, *Amphihelia*, etc.), le calice demeure largement attaché à son support et prend une forme droite et régulière. Si la larve tombe sur un grain de sable, il en est tout autrement. Lorsque le calice devient trop lourd pour le substratum, celui-ci chavire; le pédicelle du calice se coude plus ou moins fortement, le calice prend la forme d'une corne d'abondance qui s'affranchit bientôt de son support. En certains points de l'Atlantique, parmi les spécimens provenant du même dragage, quelques-uns sont fixés et ont un axe rectiligne, les autres sont libres et offrent des courbures très diverses, la rotation atteignant parfois 180°. A ce sujet, il est à remarquer que, parmi les centaines d'exemplaires dragués au cours des croisières de la *Princesse-Alice*, ce sont deux exemplaires libérés de leur support qui possèdent, et de beaucoup, la plus grande taille; cette constatation paraît indiquer que la présence d'un substratum stable n'est nullement indispensable à la prospérité du développement de l'espèce.

Si l'on en juge par les exemplaires dont le séjour prolongé dans l'alcool n'a pas trop altéré les pigments cutanés, la coloration des parties vivantes des Coraux de grandes profondeurs est fréquemment d'un brun rougeâtre foncé ou même complètement noire, ainsi que je l'ai constaté chez diverses espèces des genres *Flabellum*, *Stephanotrochus*, *Thecopsammia*, etc. D'après les recherches océanographiques récentes faites à bord du *Michael-Sars*, c'est la teinte que présentent presque tous les animaux à partir du niveau où ne pénètrent plus les radiations rouges.

On peut se demander en quoi consiste la nourriture chez les Madréporaires qui vivent à de grandes profondeurs. Les études poursuivies avec tant d'ardeur en ces dernières années, par les Norvégiens surtout, ont montré qu'en haute mer les organismes du Plancton se réduisent très fortement en nombre à une centaine de mètres de la surface; ils doivent devenir rarissimes dans les grands fonds; il en est de même, en général, des autres animaux. Aux Coraux abyssaux n'échoit, en somme, que la pluie de cadavres et de débris de toutes sortes tombant continuellement des couches d'eau qui les surmontent. Peut-être peuvent-ils aussi capturer, grâce à leurs tentacules armés de nématocystes, quelques-uns des êtres qui passent à leur portée. Dans la cavité générale d'un *Stephanotrochus nobilis* Moseley, j'ai trouvé les extrémités de pinces appartenant apparemment à un Crustacé d'assez grande taille; dans celle d'un autre individu, il y avait plusieurs fragments de bras d'Ophiures et du sable riche en Foraminifères.

Il existe, chez les Coraux de mer profonde, de très curieuses associations

d'espèces qu'on a rencontrées en bien des points différents des grands océans. On sait depuis longtemps que le *Desmophyllum cristagalli* Milne-Edwards et Haime vit très souvent avec l'*Amphihelia oculata* L. et le *Lophohelia prolifera* (Pallas). A ces trois compagnons s'adjoignent en maintes stations explorées par la *Princesse-Alice* ensemble ou isolément : *Caryophyllia clavus* Scacchi, *Caryophyllia arcuata* Milne-Edwards et Haime; *Solenosmilia variabilis* Duncan; il s'établit entre ces Madréporaires un commensalisme facultatif; il n'est pas aisé de discerner le bénéfice que chacun d'eux tire de ses voisins.

Chez diverses espèces (*Caryophyllia arcuata* Milne-Edwards et Haime, *Caryophyllia clavus* Scacchi), le polypier de certains exemplaires tend à restreindre l'ouverture du calice, comme par un rabattement du bord libre de ce dernier vers l'intérieur, ou par la sécrétion, au-dessous du plan de l'orifice, d'une bande calcaire périphérique. Peut-être cela correspond-il à une période de détresse dans la vie du polype; en tout cas, cette diminution de l'orifice calicinal doit être en relation avec les constrictions irrégulièrement espacées qu'on observe dans la muraille de certains exemplaires de *Caryophyllia clavus*, par exemple.

La très grande majorité des Coraux de grandes profondeurs est constituée par des formes solitaires, dont le calice prend parfois des dimensions considérables, ayant jusqu'à 80^{mm} de diamètre, avec plus de 200 septes, où la disposition cyclique devient méconnaissable. Les formes coloniales qu'on trouve parmi eux, comme les *Lophohelia*, les *Solenosmilia*, les *Dendrophyllia*, etc., sont des types arborescents à grands calices, en nombre restreint, largement séparés les uns des autres. Les Madréporaires constructeurs des récifs, à part quelques exceptions, sont des formes coloniales à calices petits, contigus ou très voisins les uns des autres, fort nombreux, à deux ou trois cycles de septes; les espèces solitaires ne jouent parmi eux qu'un rôle infime.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 MARS 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques la séance du lundi 5 avril est renvoyée au mardi 6.

M. de Sparre, faisant hommage à l'Académie, par l'organe de M. Boussinesq, d'un Mémoire extrait du *Bulletin spécial du Comité technique de la Société hydrotechnique de France* (n° 1) et intitulé « *Étude générale du coup de bélier dans une conduite de diamètre constant*, par le comte de Sparre (Lyon, 1915) », adresse la Note suivante :

Dans une Communication faite à l'Académie des Sciences dans la séance du 19 mai 1913 (t. 156, p. 1521), j'ai indiqué quelques-uns des résultats auxquels je suis arrivé, en partant de la théorie de M. Alliévi, pour les coups de bélier dans les conduites formées de sections de diamètres différents. C'est une question que je me propose de traiter sous peu d'une façon complète; mais j'ai cru utile de compléter, avant, quelques-uns des résultats que j'ai donnés antérieurement, dans le journal *La Houille blanche*, pour les conduites de diamètre constant. C'est cette étude, publiée dans le Bulletin spécial du Comité technique de la Société hydrotechnique de France, qui fait l'objet du petit Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

Dans ce Mémoire où j'ai reproduit, en en simplifiant la démonstration, les formules données antérieurement par moi, j'ai complété sur certains points très importants les résultats auxquels j'étais arrivé. Je me permets de signaler en particulier l'étude de la propagation du coup de bélier le long de la

conduite et celui du coup de bélier positif qui peut, dans certains cas, se produire à l'ouverture du distributeur.

Pour la première question, je montre que, pour les hautes chutes, la partie supérieure de la conduite sera, en général, beaucoup plus menacée par le coup de bélier que celle qui avoisine le distributeur.

Pour la seconde question, je montre que, lorsqu'on ouvre le distributeur, il se produit d'abord un coup de bélier négatif, dont on n'a pas à se préoccuper au point de vue de la résistance de la conduite, mais que ce coup de bélier négatif peut, non pas toujours, mais dans certaines conditions, être suivi d'un coup de bélier positif. Ce coup de bélier positif *d'ouverture* ne peut, dans aucun cas, dépasser le quart de la pression statique, mais il peut atteindre cette limite. Il peut être d'autant plus dangereux, qu'on ne peut, pour y parer, avoir recours au système de *by-pass* ou d'ouvertures compensées, qu'on emploie souvent pour éviter le coup de bélier de fermeture.

Le coup de bélier positif d'ouverture présente d'ailleurs cette particularité, qu'il est maximum, au moins dans certains cas, et alors égal au quart de la pression statique, pour une certaine ouverture du distributeur; et il est plus petit, soit pour une ouverture plus grande, soit pour une ouverture plus petite.

J'ai d'ailleurs réuni, dans un dernier paragraphe, intitulé *Résumé et Conclusions,* les résultats et formules auxquels je suis arrivé, de façon à permettre aux techniciens, qui peuvent en avoir besoin, d'y recourir sans s'inquiéter de leurs démonstrations.

J'ajouterai toutefois, en terminant, que la méthode d'approximation que j'ai employée suppose expressément que le coup de bélier ne dépasse pas la moitié environ de la pression statique, condition pratiquement presque toujours remplie.

MÉMOIRES LUS.

Sur les appareils de prothèse des amputés, par M. Edmond Delorme.

Des progrès importants sont encore à accomplir dans la prothèse des amputés. L'intérêt qui s'attache à ces mutilés de la guerre impose le devoir de les poursuivre avec activité.

La cicatrisation complète d'un moignon d'amputé ne saurait impliquer

l'abandon du blessé par son chirurgien. Avant de songer à la pose d'un appareil, l'amputé a très souvent besoin de soins consécutifs.

Réduit dans l'étendue de son levier, chargé de diriger un appareil plus ou moins lourd, le segment conservé a besoin de toute l'amplitude et de toute la force de ses mouvements.

La traction des lacs qui, dans des appareils du membre supérieur, sont chargés de reproduire les mouvements du coude et de la main est déterminée par le mouvement d'abduction du moignon trop souvent compromis. D'un autre côté, pour l'amputé de cuisse, c'est le mouvement de circumduction lui permettant d'éviter les obstacles du sol qui est particulièrement précieux.

Ces exemples montrent combien la gymnastique articulaire est nécessaire.

L'électrisation des muscles est aussi indiquée. Elle doit non seulement porter sur les muscles périarticulaires, mais sur la totalité des muscles du moignon. En voici la raison : tel muscle qui, sur un membre sain, n'a aucune action sur un os en peut acquérir une sur un os amputé. C'est ainsi que le biceps et la longue portion du triceps, muscles à action antibrachiale, deviennent, après avoir pris insertion sur le moignon, fléchisseur et extenseur de celui-ci et renforcent l'action du deltoïde. A la cuisse, les muscles antérieurs et postérieurs, à action jambière, deviennent, après l'amputation, de puissants fléchisseurs et extenseurs du moignon.

Le blessé ne doit être muni de son appareil que quand son moignon est bien cicatrisé, non œdémateux, réduit à ses dimensions définitives par le massage, cicatrisé avec une cicatrice bien assouplie, sans névrômes douloureux, que son os est sain, ses articulations très mobiles et ses muscles actifs.

Dans le choix des appareils de prothèse, la question d'utilité, pour le manouvrier, doit primer celle d'esthétique. Aucune pension d'État ne peut assurer, à elle seule, des moyens d'existence suffisants et, d'un autre côté, il est de notion courante que les amputés, ouvriers des villes et des campagnes munis d'appareils compliqués, les abandonnent rapidement pour reprendre des appareils simples, de réparation facile et rapide partout.

I. Pour le membre inférieur, les pilons rendent d'inestimables services. Ce sont des appareils de choix ouvriers.

En dehors des pilons, la jambe de Beaufort est l'un des meilleurs appareils. Ceux de luxe de divers modèles réalisent les conditions désirées.

II. Pour le membre supérieur, les appareils à mouvements actifs des

doigts sont peu recherchés; il y aurait lieu de s'y arrêter davantage quand il ne s'agit pas du choix d'un appareil ouvrier, mais alors il paraîtrait avantageux d'utiliser, pour les doigts, les articulations à mortaise aux lieu et place des articulations en noix, de reporter toujours l'articulation du pouce à la base de la main, de donner aux mouvements de ce doigt plus d'amplitude, de munir l'extrémité des doigts de plaques caoutchoutées, de s'arrêter plus qu'on ne le fait à la main simple de Beaufort dans laquelle le pouce est seul opposable aux autres doigts.

Les bras ouvriers sont trop élémentaires; ils se terminent uniformément par un anneau ou un crochet; ils ne satisfont pas aux exigences des divers corps de métiers, ce qui est inexplicable, puisque c'est le but inverse qu'ils devraient atteindre, aussi leurs dispositions générales et particulières sont-elles à reviser.

Les mouvements principaux des membres supérieurs des manouvriers sont ceux d'élévation et d'abaissement, de propulsion, de préhension. Les premiers sont conservés chez l'amputé de l'avant-bras, du coude et du bras dans la continuité. Il ne reste donc guère à rétablir que les mouvements de préhension. Ceux-ci sont exécutés différemment, suivant que l'objet à saisir est délicat ou massif.

Dans le premier cas, la main est réduite à une pince représentée par le pouce et l'index. Spontanément, instinctivement il élève les autres doigts inutiles ou gênant par sa longueur (médius). L'élasticité et la dépressibilité du panicule adipeux terminal des doigts facilitent la contention des objets saisis, ce qui est à retenir.

Quand l'objet est volumineux, la main représente en totalité une pince courbe, massive, dans laquelle le pouce s'oppose aux autres doigts réunis. Exceptionnellement elle prend la forme du crochet.

La pince semble donc être la pièce terminale de choix des appareils ouvriers. Elle n'est pas utilisée par nos orthopédistes. Suivant que les objets à saisir sont de petite ou de grande dimension, l'une de ses branches pourrait rester fixe ou s'écarter à la façon des branches du compas, des ciseaux, dispositif qui ne demanderait pas à l'amputé de porter son moignon autant en abduction que si la pince n'avait qu'une branche mobile. La disposition terminale de la pince, comme l'écartement de ses branches, varieraient suivant les dimensions de l'objet à saisir, les exigences des métiers; doublée de plaques de caoutchouc, elle retiendrait mieux l'objet. Le principe de ses mouvements opposés réside dans l'emploi de ressorts qui assurent une position et dans la traction de lacs fixés au thorax qui la modifient.

Un autre principe trop méconnu réside dans les transformations de l'outil.

Celles-ci peuvent amener à modifier complètement l'extrémité terminale de l'appareil. Si un menuisier, pour conduire un rabot, remplace sa pince préhensive par une tige de fer glissant dans le bois de l'outil, d'avant en arrière et terminée à ses bouts par des arrêts, qui en limiteront l'excursion en avant comme en arrière; s'il munit la poignée d'une scie à refendre d'une douille fixe articulée à une tige courte, l'extrémité de l'appareil prothétique n'aura plus à présenter qu'une cavité réceptive et un arrêt.

Il serait donc bon, pour la préparation de modèles types, d'assurer des efforts concordants d'ouvriers ingénieux de chaque métier, d'orthopédistes, de chirurgiens et de personnalités au courant des dispositifs mécaniques.

Il sera parfois utile de munir l'extrémité terminale des appareils de plusieurs dispositifs réunis sur la même tige et destinés à faciliter, sans arrêt, des actes successifs et rapprochés.

Enfin, on peut prévoir le cas où, pour certains travaux délicats, l'extrémité terminale de l'appareil de prothèse ne servira que de soutien à un mécanisme accomplissant lui-même l'acte confié antérieurement à la main amputée.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE. — *Sur certains déplacements rapides et de courte durée, enregistrés par la photographie.* Note de M. **J. Comas Solá**, présentée par M. Bigourdan.

Depuis plus d'une année, je fais des photographies d'étoiles au moyen d'un excellent objectif de 16^{cm} d'ouverture et 80^{cm} de distance focale, monté sur un équatorial de 6 pouces. Pour y relever les petites planètes et éviter la confusion des étoiles avec les taches des plaques, je fais une double pose (en général, d'une heure de durée chacune), en séparant les images, sur la plaque, de $\frac{1}{8}$ de millimètre, ce qui représente $30''$ comme valeur angulaire.

L'examen très soigné d'un grand nombre de plaques montre qu'il existe un certain nombre d'étoiles pour lesquelles l'angle de position des images correspondantes a changé, pendant la double pose, de quantités angulaires variant de $2''$ à $4''$; un déplacement inférieur à $2''$ serait ou tout à fait insensible ou très douteux sur mes plaques. Au point de vue photographique, j'ai pris toutes les précautions possibles pour éviter des

contractions ou déformations de la couche de gélatine, et j'ai utilisé des plaques de provenances variées.

De l'ensemble d'observations que j'ai pu faire, je crois pouvoir déduire les résultats suivants, plus ou moins provisoires :

1° En moyenne, on trouve une étoile à déplacements sur 10000;

2° En général, les étoiles de ce genre se montrent groupées dans les diverses régions célestes;

3° On n'observe aucune périodicité dans ces déplacements;

4° Une seule étoile a montré sur les plaques deux fois un déplacement semblable;

5° Les déplacements ont lieu dans tous les sens;

6° D'un jour à l'autre, il semble que ces déplacements se propagent, mais nous manquons d'observations suffisantes pour rien affirmer de sûr à cet égard;

7° On compte un certain nombre d'étoiles variables parmi les étoiles à déplacements; il semble même, dans ce cas, que le minimum correspondrait aux moments du déplacement de l'étoile;

8° Presque toutes ces étoiles à déplacements sont de la 11e à la 14e grandeur;

9° Il semble que ces déplacements se montrent de la même façon dans toutes les latitudes célestes.

Dans le cas où ces déplacements ne seraient pas dus à des modifications de la gélatine ou à des irrégularités de l'émulsion, il me semble qu'on pourrait, provisoirement au moins, expliquer ces effets par le passage, devant les étoiles, de masses gazeuses obscures, appartenant à notre système solaire, assez diaphanes et douées d'un certain pouvoir réfringent.

Comme cette question pourrait être scientifiquement très importante, je me permets de prier les astronomes et observateurs qui font de la photographie stellaire de fixer leur attention sur ce point.

ASTRONOMIE. — *Découverte d'une nouvelle petite planète.* Note de M. J. **Comas Solá**, présentée par M. Bigourdan.

En poursuivant les photographies dont il est question dans la Note ci-dessus, j'ai rencontré une petite planète de grandeur 11,5-11,8 qui paraît nouvelle et qui occupait les positions suivantes, rapportées à l'équinoxe de 1915,0 :

1915.	Temps moyen de Barcelone.	1915,0. Asc. droite.	Déclinaison.
Mars 20	11^h50^m	$11^h28^m,1$	$+0°41'$
» 24	13^h44^m	$11^h24^m,4$	$+0°49'$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une famille de systèmes triplement orthogonaux.* Note ([1]) de M. E. KERAVAL.

I. J'ai donné deux Notes sur le même sujet. Dans la dernière j'ai indiqué certains résultats que M. Demoulin avait trouvés par une voie un peu différente. J'ai omis de nommer M. Demoulin parce que je n'avais pas lu sa Note; je tiens à préciser un certain point. Si le ds^2 est mis sous la forme

$$ds^2 = H^2 d\rho^2 + H_1^2 d\rho_1^2 + H_2^2 d\rho_2^2,$$

la condition nécessaire et suffisante, en laissant de côté les familles de sphères, pour que les surfaces $\rho = \text{const.}$ forment un système Σ, est que H_1 et H_2 soient de la forme

$$H_1 = \frac{A}{\cos\theta}, \qquad H_2 = \frac{B}{\sin\theta},$$

A et B étant des fonctions de ρ_1 et ρ_2 seulement. Mais quand il en est ainsi 2θ est nécessairement l'angle des asymptotiques qui est traversé par l'arc $H_1\, d\rho_1$. En effet, appelons 2θ cet angle et supposons simplement

$$\frac{A^2}{H_1^2} + \frac{B^2}{H_2^2} = 1,$$

A et B ne contenant pas ρ.

En dérivant par rapport à ρ, on a facilement

$$\frac{A^2}{H_1^2 R_{01}} + \frac{B^2}{H_2^2 R_{02}} = 0;$$

or

$$\tang^2\theta = -\frac{R_{02}}{R_{01}},$$

d'où

$$\tang^2\theta = \frac{B^2 H_1^2}{A^2 H_2^2},$$

d'où

$$\cos\theta = \frac{A}{H_1}, \qquad \sin\theta = \frac{B}{H_2}.$$

([1]) Séance du 22 mars 1915.

II. J'ai montré que la recherche de ces systèmes triples se ramenait à celle des solutions communes à deux équations du troisième ordre. J'ai réussi à mettre ces équations sous une forme extrêmement symétrique. Pour que les surfaces $u(x, y, z) = \text{const.}$ appartiennent à un système triple, il faut et il suffit que le déterminant suivant soit nul :

$$S = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ A_{11} & A_{22} & A_{33} & A_{23} & A_{31} & A_{12} \\ u_{11} & u_{22} & u_{33} & u_{23} & u_{31} & u_{12} \\ 2u_1 & 0 & 0 & 0 & u_3 & u_2 \\ 0 & 2u_2 & 0 & u_3 & 0 & u_1 \\ 0 & 0 & 2u_3 & u_2 & u_1 & 0 \end{vmatrix}.$$

Si l'on supprime la première ligne, on forme un Tableau de six déterminants du cinquième ordre. En égalant à zéro deux d'entre eux, on a les équations qui expriment que les surfaces u forment un système Σ. Si par exemple le déterminant formé par les éléments communs aux lignes de rang 3, 4, 5, 6 et aux colonnes de rang 1, 2, 3, 4 est différent de zéro, on prendra les équations qui correspondent à la suppression des colonnes de rang 5, puis 6. On peut également introduire les expressions H_{ik}. Alors, dans le même Tableau, il suffira de remplacer la ligne des A_{ik} par

$$H_{11} + 3\lambda H,\quad H_{22} + 3\lambda H,\quad H_{33} + 3\lambda H,\quad H_{23},\quad H_{31},\quad H_{12},$$

où

$$\lambda = \frac{1}{(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2)^2} \begin{vmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} & u_1 \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} & u_2 \\ u_{31} & u_{32} & u_{33} & u_3 \\ u_1 & u_2 & u_3 & 0 \end{vmatrix}.$$

Avec les notations de M. Maurice Levy, on trouve

$$\frac{s\theta''_{x^2} - r\theta''_{xy}}{pqr - s(1+p^2)} = \frac{s\theta''_{y^2} - t\theta''_{xy}}{pqt - s(1+q^2)} = \frac{t\theta''_{x^2} - r\theta''_{y^2}}{r(1+q^2) - t(1+p^2)} = \frac{3\theta(rt - s^2)}{(p^2+q^2+1)^2},$$

qui se réduisent manifestement à deux. Enfin je ferai observer que, pour une famille de sphères, les déterminants du cinquième ordre formés dans S avec les lignes de rang 1, 3, 4, 5, 6 sont nuls et réciproquement.

III. Je me propose d'indiquer ultérieurement quel est le degré de généralité des solutions communes aux deux équations du troisième ordre. J'ai déjà indiqué un grand nombre de solutions. Si l'on cherche les solutions de

la forme de M. Bouquet $u = X + Y + Z$, on trouve

$$\frac{X'X''' - 2X''^2}{X''} = \frac{Y'Y''' - 2Y''^2}{Y''} = \frac{Z'Z''' - 2Z''^2}{Z''}$$

faciles à intégrer. Il est facile de montrer qu'en dehors des familles de sphères, il existe des solutions dépendant de fonctions arbitraires. Si les surfaces u sont de révolution autour de Oz, les deux équations se réduisent à une et j'ai trouvé le résultat suivant :

Ayant choisi arbitrairement la fonction $f(z)$, on considère une solution de l'équation

$$(1) \qquad p^2 + q^2 + \frac{1}{x^2} = f(z),$$

alors les courbes

$$z(x, y) = \text{const.}$$

sont les trajectoires orthogonales des familles de méridiennes des surfaces cherchées, Oy étant l'axe de rotation.

Si l'on prend l'équation du second ordre

$$pq(r - t) + (q^2 - p^2)s = \frac{q}{x^3},$$

les deux familles de caractéristiques forment un système orthogonal dont la projection sur le plan des xy donnera les méridiennes de deux des familles, la troisième étant formée de plans. On a donc une solution dépendant de deux fonctions arbitraires d'une variable.

Si, dans l'équation (1), on remplace $f(z)$ par une constante, la solution correspondante est donnée par

$$x^2 + y^2 = u.[z - F(u)]^2 + \frac{a^2(1 + u)}{u}.$$

Quand on a choisi la fonction F, on a une famille de quadriques dont les génératrices rectilignes sont normales à deux familles de surfaces. Si F est nulle, les quadriques ont les mêmes axes; c'est la solution qui correspond aux équations intégrées par Halphen et M. Darboux dans le cas particulier des surfaces de révolution.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions abéliennes singulières.* Note (¹) de M. **Gaetano Scorza**, présentée par M. G. Humbert.

On sait que la théorie des fonctions hyperelliptiques singulières est dominée par un beau théorème de M. Humbert, d'après lequel un certain invariant, le discriminant d'une certaine forme binaire quadratique, demeure constamment du même signe.

On peut généraliser ce théorème en suivant une voie géométrique qui me paraît jeter quelque lumière sur ce sujet.

Bornons-nous, pour plus de clarté, au cas des fonctions abéliennes à trois variables indépendantes.

Soit le Tableau des périodes

$$\text{(I)} \qquad \begin{vmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \dots & \omega_6 \\ \omega'_1 & \omega'_2 & \dots & \omega'_6 \\ \omega''_1 & \omega''_2 & \dots & \omega''_6 \end{vmatrix};$$

la condition d'existence d'une fonction abélienne $f(u, v, w)$ appartenant à ce Tableau est donnée par des recherches classiques de Riemann, Weierstrass, Poincaré et Picard.

Elle consiste en des équations et en une inégalité entre les périodes, que nous désignerons respectivement par (1) et (2).

Les équations (1) sont des relations bilinéaires

$$(1) \qquad \begin{cases} \sum c_{r,s}\omega_r\omega'_s = 0 \\ \sum c_{r,s}\omega'_r\omega''_s = 0 \qquad (r, s = 1, \dots, 6), \\ \sum c_{r,s}\omega''_r\omega_s = 0 \end{cases}$$

où les $c_{r,s}$ sont des nombres entiers tels que

$$c_{r,s} + c_{s,r} = 0.$$

Ainsi que je l'ai montré dans une Note publiée en 1913 dans les *Comptes rendus du Circolo* de Palerme, l'inégalité de Riemann, exprimant qu'une certaine forme demeure toujours positive, peut être remplacée par *deux inégalités qui ne renferment plus des indéterminées.*

Ce sont précisément ces inégalités que nous tiendrons en vue dans la suite en parlant des *inégalités* (2); à leur égard il suffira de rappeler qu'elles *renferment seulement les $c_{r,s}$, les parties réelles et les coefficients de l'imaginaire dans les périodes ω_r, ω'_r et ω''_r.*

(¹) Séance du 12 mars 1915.

Envisageons, maintenant, les ω_r, ω'_r, ω''_r comme les coordonnées homogènes de trois points ω, ω', ω'', dans un espace E_5 à cinq dimensions, et considérons dans cet espace le plan (imaginaire) $\tau \equiv \omega\omega'\omega''$, et le plan imaginaire conjugué de τ, que nous désignerons par $\bar{\tau}$.

Soit Σ la totalité linéaire ∞^8 des complexes linéaires de notre E_5 qui contiennent toutes les droites de τ et $\bar{\tau}$.

Représentons homographiquement le système Σ sur un espace à huit dimensions, E_8, de telle façon qu'aux complexes réels de Σ répondent les points réels de E_8. L'ensemble des complexes de Σ doués d'une droite singulière donnera lieu à une variété cubique à sept dimensions V_7^3. De même l'ensemble des complexes possédant un espace singulier à trois dimensions donnera lieu à une variété sextique à quatre dimensions V_4^6, qui est une de celles étudiées par M. Segre : la variété V_7^3 est la variété des cordes de la variété de Segre V_4^6.

Enfin au complexe

$$\Sigma c_{r,s} y_r x_s = 0$$

répondra un point Γ de E_8.

Or, *la signification géométrique des inégalités* (2) *consiste en ceci que: toute droite réelle issue de* Γ *en* E_8 *coupe la variété* V_7^3 *en trois points réels.*

Supposons, maintenant, que la fonction abélienne $f(u, v, w)$, appartenant au Tableau (I), soit *simplement singulière;* cela signifie qu'entre les périodes (I) on a, à côté de (1), un second système de relations

$$(1') \qquad \begin{cases} \Sigma c'_{r,s}\omega_r\omega'_s = 0, \\ \Sigma c'_{r,s}\omega'_r\omega''_s = 0, \\ \Sigma c'_{r,s}\omega''_r\omega_s = 0, \end{cases}$$

où les $c'_{r,s}$ sont toujours des nombres entiers tels que

$$c'_{r,s} + c'_{s,r} = 0.$$

Le système (1') est supposé distinct de (1) et il n'existe pas de troisième système de relations analogues [indépendant de (1) et (1')], auquel répondrait une *double* singularité de la fonction.

Soient λ et μ deux indéterminées et formons le pfaffien du déterminant symétrique gauche dont les éléments sont les

$$\lambda c_{r,s} + \mu c'_{r,s}.$$

Ce pfaffien sera une forme binaire critique en λ et μ.

$$\varphi(\lambda, \mu) = A\lambda^3 + B\lambda^2\mu + C\lambda\mu^2 + D\mu^3,$$

dans laquelle les coefficients A et D sont les pfaffiens formés avec les $c_{r,s}$ et les $c'_{r,s}$ respectivement, et les coefficients B et C sont des invariants simultanés des formes

$$\Sigma c_{r,s} x_r y_s \quad \text{et} \quad \Sigma c'_{r,s} x_r y_s.$$

D'après notre interprétation géométrique du théorème d'existence, *l'équation*

$$\varphi(\lambda, \mu) = 0$$

a toujours ses trois racines réelles.

C'est là l'extension du théorème de M. Humbert, que nous avions en vue.

Enfin, qu'il me soit permis de remarquer que le théorème établi peut être étendu au cas d'un nombre quelconque de variables indépendantes : l'extension a lieu dans ce sens que l'équation $\varphi(\lambda, \mu) = 0$ (du degré p, si les variables sont en nombre p) possède toujours *deux* ou *trois* racines réelles, suivant que p est pair ou impair.

PHYSIQUE. — *Sources lumineuses à surface réduite (nouvelles expériences).* Note de M. **Dussaud**, présentée par M. Branly.

Mes précédentes Communications ont fait connaître les résultats que j'ai obtenus avec des sources lumineuses à surface réduite, continues (1), discontinues (2), à bas voltage (3), avec survoltage (4), sans survoltage (5), avec séparation des effets calorifiques et lumineux (6).

Dans de nouvelles expériences, je me suis surtout proposé de rechercher leur utilisation avec un rendement maximum.

Grâce à de nouveaux dispositifs de refroidissement, j'ai réussi, sans risque d'éclatement, à augmenter le rendement dans une forte proportion par un notable rapprochement de la source lumineuse et du système optique à court foyer. Dans ce rapprochement, la perte due à l'obliquité des rayons est compensée par l'emploi de verres additionnels.

Les sources dont je me sers sont des lampes électriques à incandescence, à filament de tungstène enroulé en solénoïde dont les spires sont très

(1) *Comptes rendus*, t. **150**, 1910, p. 904.
(2) *Ibid.*, t. **151**, 1910, p. 858.
(3) *Ibid.*, t. **152**, 1911, p. 698.
(4) *Ibid.*, t. **152**, 1911, p. 1054.
(5) *Ibid.*, t. **152**, 1911, p. 1849.
(6) *Ibid.*, t. **156**, 1913, p. 948.

rapprochées, comme l'indique ma Note du 26 juin 1911; il est placé dans une ampoule qui renferme un gaz inerte. Leur intensité varie jusqu'ici de 32 à 4000 bougies, la surface de ces dernières n'atteint pas 4 centimètres carrés, la dépense est d'environ $\frac{1}{3}$ de watt par bougie et, au total, de 1500 watts (force d'un moteur de motocyclette).

Une seule de ces lampes de 4000 bougies, utilisée avec un système optique approprié qui les répartit également sur l'espace à éclairer, sans fatigue pour les yeux, serait suffisante pour la salle du Trocadéro.

Sans survoltage, les sources lumineuses de 32 à 4000 bougies, avec mes systèmes optiques, donnent tous les éclairages nécessaires pour les lanternes de projection et d'agrandissement, les cinématographes, les boîtes à lumière pour théâtre. Elles suppriment les dangers et les difficultés d'emploi de l'arc électrique.

Avec survoltage, les sources lumineuses de 32 à 4000 bougies peuvent donner facilement de 320 à 40000 bougies; leur durée normale qui est d'un millier d'heures sera d'autant plus abaissée, qu'on les aura davantage survoltées. L'abaissement de la durée de la lampe est plus que compensé par la possibilité d'obtenir des intensités considérables de lumière, avec des transformateurs qui utilisent les courants électriques et les canalisations qu'on trouve partout.

Le survoltage est tout indiqué pour les appareils d'éclairage destinés à la photographie de nuit, aux télégraphes optiques, aux phares, aux projecteurs. Ces derniers avec des lampes de 4000 bougies survoltées constituent des ceintures mobiles de défense contre les attaques nocturnes de toute nature.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'acide glycérophosphorique de la lécithine.* Note de M. **O. Bailly**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'existence de l'acide monoglycérophosphorique $PO^4H^2.C^3H^5(OH)^2$ dans la molécule de la lécithine de l'œuf a été démontrée pour la première fois par Gobley en 1846. C'est seulement 60 ans plus tard que Willstätter et Lüdecke [1] ont posé le problème de la constitution de cet acide, se demandant s'il convenait d'en faire l'isomère α

$$PO^4H^2.CH^2-CH.OH-CH^2.OH,$$

(1) *Berichte d. d. chem. Ges.*, t. 37, 1904, p. 3754.

ou l'isomère β

$$PO^4H^2.CH\begin{cases}CH^2.OH\\CH^2.OH\end{cases}$$

En préparant le glycérophosphate de baryum correspondant, ils constatèrent que ce sel dévie le plan de la lumière polarisée ($[\alpha]_D = -1°,7$ pour une concentration de 36 pour 100), et ils en conclurent que l'acide α entre dans la constitution de la lécithine, sans chercher toutefois à spécifier s'il y existe seul ou mélangé avec le sel β.

Vers la même époque, Cousin [1] préparait le glycérophosphate de calcium par hydrolyse des lécithines de l'œuf et du cerveau, et obtenait dans les deux cas un même sel cristallisé, anhydre et peu soluble.

Enfin, en 1912, Fourneau et Piettre [2], au cours d'un travail relatif à l'analyse des lipoïdes par alcoolyse, décrivaient le glycérophosphate de calcium provenant de la lécithine de l'œuf comme inactif sur la lumière polarisée et séparable en deux fractions dont l'une « très peu soluble dans l'eau est cristallisable et anhydre ».

Ces propriétés semblent établir l'existence de l'acide β dans la lécithine; ce sont là, en effet, les trois caractéristiques du glycérophosphate de calcium obtenu par la double décomposition du glycérophosphate de sodium cristallisé synthétique, dont la constitution β a été récemment établie par King et Pyman [3] d'une part, et de l'autre par nos propres expériences [4].

D'autre part, comme, depuis Willstätter et Lüdecke, aucun auteur n'est parvenu à extraire de la lécithine un glycérophosphate possédant l'activité optique, la présence de l'acide α reste toujours à démontrer.

Par hydrolyse alcaline de 100^g d'une lécithine de l'œuf sensiblement pure, nous avons préparé $23^g,25$ de glycérophosphate de calcium (rendement théorique en sel anhydre $= 26^g,13$), auquel l'analyse assigne la composition théorique du sel de calcium d'un mono-éther glycérophosphorique (calculé pour $PO^4Ca.C^3H^5(OH)^2$: P = 14,76 — Ca = 19,50 pour 100. Trouvé : P = 14,66 — Ca = 19,13).

La solubilité de ce sel, qui est de 2,88 pour 100 à la température de 12°,5, est intermédiaire entre la solubilité (1,78 pour 100) du sel de calcium dérivé du glycérophosphate de sodium cristallisé et la solubilité (4,5 pour 100) du sel de calcium dérivé de la portion incristallisable qui reste comme résidu lors de la préparation du sel de sodium. Or, nous avons identifié le premier de ces sels avec le β-glycérophosphate de calcium et nous avons démontré que le second contient abondamment le sel α.

---

(1) *Journ. de Pharm. et de Chim.*, t. 18, 1903, p. 102, et t. 23, 1906, p. 225.

(2) FOURNEAU et PIETTRE, *Bull. Soc. chim.*, t. 11, 1912, p. 805.

(3) KING et PYMAN, *Journ. chem. Society*, t. 105-106, 1914, p. 1238.

(4) L. GRIMBERT et O. BAILLY, *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 207.

Par la solubilité de son sel de calcium, l'acide glycérophosphorique de la lécithine nous apparaît déjà comme un mélange des deux acides isomériques α et β. C'est ce que confirment les deux expériences suivantes :

Expérience I. — Le sel de calcium obtenu ci-dessus est transformé en glycérophosphate de sodium par double décomposition avec le carbonate de sodium. La solution est concentrée au bain-marie à une cinquantaine de grammes, puis abandonnée à la glacière : au bout de 24 heures on recueille les cristaux qui se sont formés, et l'on concentre de nouveau les eaux mères, qui donnent une nouvelle récolte de cristaux qu'on réunit aux premiers; leur poids total est de $16^{g},20$. Ces cristaux, purifiés par une série de cristallisations successives, fournissent un sel de sodium tout à fait pur qui, soumis à l'oxydation bromée dans les conditions que nous avons antérieurement précisées (*loc. cit.*), ne donne pas trace d'acide dioxyacétone phosphorique (caractère de l'isomère β). Par contre, la même oxydation, appliquée aux eaux mères incristallisables, fournit ce dernier corps en abondance (caractère de l'isomère α).

Le sel primitif possédant la composition d'un mono-éther, on ne peut expliquer les résultats précédents qu'en admettant que l'acide glycérophosphorique de la lécithine est constitué par un mélange des deux acides α et β prévus par la théorie.

Expérience II. — On prépare une solution à 2 pour 100 de glycérophosphate de calcium global primitif, et on la chauffe progressivement au bain-marie à $+80^{\circ}$. Il se dépose un abondant précipité alcalin qu'on recueille et qu'on dissout de nouveau dans les mêmes proportions dans l'eau distillée. La solution est portée de nouveau à $+80^{\circ}$, et le précipité cristallin obtenu est soumis encore deux fois de suite au même traitement. On obtient finalement un produit très bien cristallisé, avec lequel l'oxydation bromée ne donne pas trace d'acide dioxyacétone phosphorique, que la même oxydation engendre au contraire notablement à partir du sel global primitif.

Cette expérience confirme ainsi pleinement la précédente.

En résumé, conformément aux prévisions de Fourneau et Piettre, nous avons démontré que la lécithine de l'œuf est constituée par un mélange d'au moins deux isomères, répondant respectivement aux deux formules développées ci-dessous, dans lesquelles R désigne un reste d'acide gras (oléique, stéarique, etc.) :

$$\begin{array}{l}
C^2H^4\left\langle\begin{array}{l}OH\\ Az(CH^3)^3.O\end{array}\right.\\
\qquad\qquad HO\!\!>\!P=O\\
\qquad CH^2.O\\
\qquad CH.-OR\\
\qquad CH^2-OR
\end{array}
\qquad\qquad
\begin{array}{l}
C^2H^4\left\langle\begin{array}{l}OH\\ Az(CH^3)^3.O\end{array}\right.\\
\qquad\qquad HO\!\!>\!P=O.\\
\qquad\quad CH.O\\
CH^2.OR \quad CH^2.OR
\end{array}$$

Lécithine α. Lécithine β.

Nous ajouterons qu'il résulte d'expériences qui trouveront place dans un Mémoire plus développé que c'est le composé β qui prédomine dans le mélange, tandis que le composé α ne semble y exister que dans la proportion d'un quart.

PATHOLOGIE. — *Sur la nature infectieuse de la pellagre. Résultats de recherches faites en Italie et en Bessarabie.* Note (¹) de M. G. **Tizzoni**, présentée par M. Ch. Richet.

Les observations faites par moi au cours de la campagne pellagrologique 1914 ont démontré d'une manière constante, dans 17 nouveaux cas, la présence dans le sang des malades, quelquefois dans le liquide céphalo-rachidien et dans les tissus, du microrganisme que j'ai étudié et décrit sous le nom de *Streptobacillus pellagræ*. Ces résultats confirment les autres que j'avais précédemment obtenus dans plus de 150 observations et en rendent plus sûre la signification spécifique.

L'examen bactériologique du sang a été fait principalement sur le coagulum : les résultats sont d'autant plus prompts et plus constants, que le lavage du coagulum avec du bouillon a été plus parfait et qu'on a mieux réussi à éloigner du coagulum les dernières traces de sérum, qui exerce toujours une action inhibitrice sur le développement des cultures.

Le degré de cette action inhibitrice du sérum est en rapport avec le cours de la maladie et avec la réaction de l'organisme : c'est ainsi que cette action inhibitrice manque absolument dans le sérum d'individus sains; elle est très faible dans les formes aiguës et rapidement mortelles de pellagre; elle disparaît complètement dans le sang et dans les tissus après la mort.

Les résultats bactériologiques obtenus sur les pellagreux de Bessarabie sont identiques, comme il était à prévoir, à ceux qui ont été obtenus en Italie; c'est-à-dire qu'on a pu isoler, du sang, du liquide céphalo-rachidien, et des organes des pellagreux russes, des cultures qui, par leurs caractères morphologiques, biologiques et bactériologiques, par leur action pathogène, par leur polymorphisme et l'extrême mutabilité des caractères, sont parfaitement comparables à celles qu'on avait déjà obtenues en Italie.

Il existe des cas de pellagre qui n'ont certainement aucun rapport avec le maïsisme : soit parce que la quantité de maïs ingérée a été trop petite

(¹) Séance du 22 mars 1915.

pour produire une intoxication, soit parce qu'un délai de temps trop long s'est écoulé depuis l'usage alimentaire du maïs jusqu'au commencement de la maladie (10 ans).

Dans les préparations directes par frottis des organes, en particulier de la rate, dans des cas de typhus pellagreux ou de pellagre ordinaire grave, terminés par la mort, on voit des microrganismes qui sont identiques par leur forme, leurs dimensions, leur polymorphisme aux microrganismes obtenus du sang des malades. Ces germes sont ou libres ou contenus dans des globules blancs (cellules mononucléaires du sang).

La mutabilité du germe de la pellagre porte aussi bien sur ses caractères morphologiques, l'aspect et la couleur de la culture, que sur ses caractères biologiques (liquéfation de la gélatine, réaction du milieu, coagulation du sang, hémolyse, fermentation des sucres).

Ces variations sont pour la plupart en rapport soit avec les stades d'ascension ou de déclin de la maladie, soit avec la composition du milieu nutritif, soit enfin avec d'autres conditions dont nous ignorons la nature.

Dans les formes graves de pellagre, très fréquentes en Russie, on observe plus souvent qu'ailleurs du polymorphisme.

Au cours de l'adaptation du microbe à la vie saprophytique, on peut avoir affaire à des types stables, déjà systématisés en une forme microbienne déterminée, ou à des types variables qui montrent, par passages successifs dans les différents milieux de nutrition, toutes les variations morphologiques qui correspondent exactement aux formes microbiennes qu'on peut rencontrer dans des cas déterminés de pellagre.

Dans certaines cultures il est possible de suivre toutes les phases de transition d'une forme microbienne à l'autre, de sorte qu'*on peut affirmer de manière indiscutable l'unicité de l'espèce microbienne.*

Cela est aussi confirmé par la diversité des cultures obtenues avec différentes prises de sang du même malade ou de différents lavages du coagulum de la même prise.

Certaines cultures déjà systématisées en une forme microbienne déterminée peuvent présenter à un moment donné de leur vie saprophytique des changements d'aspect très rapides et passer ainsi, pour des causes que nous ignorons, du type A au type B.

Dans les cultures originales de cas très graves, comme en voit en Russie, et particulièrement dans les cultures en bouillon qu'on a laissé vieillir à la température ambiante, on voit se produire spontanément des formes pseudo-mycéliennes. Ces formes témoignent de liens ancestraux phylogé-

nétiques : elles sont égales à celles qui se développent d'une manière plus large et plus complète dans les cultures sur milieux nutritifs spéciaux (hydrates de carbone et sels).

Ces faits se vérifient non seulement dans les cultures à type streptococcique, mais aussi dans les cultures à type staphylococcique; ce qui établit un lien plus étroit entre ces deux formes et un nouveau caractère différentiel entre elles et les streptocoques et staphylocoques ordinaires.

Le retour spontané à des formes ancestrales, la prépondérance du type A sur le type B, et en particulier la fréquence du type A bacillaire; cet ensemble de faits, qu'il y a lieu d'observer sur les cultures de germes provenant de Russie, démontrent que dans cette région le microbe de la pellagre se trouve plus rapproché de la souche originale, d'où il s'est détaché. On peut en inférer que la maladie est de date plus récente en Bessarabie qu'elle ne l'est en Italie.

CHIRURGIE. — *Destruction, par suppuration et ablation, d'une notable partie du cerveau; aucun trouble appréciable consécutif.* Note [1] de M. **Guépin**, présentée par M. A. Laveran.

R., Louis, soldat de 2e classe au 170e d'infanterie, blessé le 12 janvier 1915, près de Soissons (éclat d'obus?), est apporté dans le service, le 21 janvier, avec le diagnostic : *plaie du crâne*.

L'interne, qui l'examine dès son arrivée, note : traces de sutures du cuir chevelu; suppuration abondante; enfoncement crânien avec esquilles non enlevées; encéphalocèle occipitale gauche.

Je vois le blessé quelques heures après. De petite taille, imberbe, pâle, d'aspect infantile, il répond à peine aux questions posées; il se plaint de céphalalgie occipitale et de photophobie.

(Le moulage en cire coloré, joint à l'observation, nous dispense de toute description de la tumeur pulsatile, visiblement constituée par l'écorce cérébrale du lobe occipital gauche.)

Dans le lit où il paraît somnoler sans cesse, bien qu'il dise ne pas pouvoir dormir, le soldat R. ferme les yeux à la lumière et reste couché sur le côté droit en chien de fusil. *Toutes les fonctions s'accomplissent normalement;* il n'a pas de fièvre et ne présente aucun phénomène en rapport avec ses lésions nerveuses.

Mais, de jour en jour, l'abattement, la torpeur et la photophobie augmentent; je redoute un abcès du cerveau tant l'encéphalocèle s'accuse et me décide à intervenir le 1er février.

---

[1] Séance du 22 mars 1915.

Sous le chloroforme, trépanation des bords de la plaie occipitale, dégagement des esquilles; le pédicule de l'encéphalocèle se montre et laisse suinter un pus verdâtre; résection de l'encéphalocèle en grande partie sphacelée; le pus vient de la profondeur; une pince tire-balle pénètre directement d'arrière en avant dans une cavité suppurante, de 7^{cm} à 8^{cm} de profondeur, qui paraît être le ventricule latéral gauche, et d'où l'on extrait successivement trois esquilles allongées.

Le volume de la substance cérébrale amputée est à peu près celui d'une noix.

Aucun choc opératoire et, si ce n'était une énorme ascension thermique, le blessé serait en parfait état le lendemain de l'opération; il paraît se réveiller, s'intéresse bientôt à tout ce qui se passe autour de lui, mange avec plaisir, plaisante même volontiers, autant que le lui permet une intelligence médiocre (renseignement fourni par sa famille qui l'a toujours considéré comme un simple d'esprit).

Tout va bien jusqu'au 20 février où l'encéphalocèle reparaît plus volumineuse et, malgré le sphacèle superficiel qui, chaque jour, en détruit des lambeaux, s'accroît peu à peu et, le 25 février, présente un volume au moins égal à celui d'un très gros œuf de poule; ce même jour, la température est de nouveau autour de 40°; il y a beaucoup de sang qui suinte du pansement (fait nouveau); le blessé est très somnolent.

Il est de suite de nouveau conduit à la salle d'opération; l'encéphalocèle est amputée; dans sa masse, très molle et infiltrée de pus où la substance blanche domine, on remarque une cavité lisse, en forme de corne à sommet postérieur. Il semble qu'il s'agisse du prolongement postérieur du ventricule latéral; la longueur est d'environ $2^{cm},5$. Le poids de la matière cérébrale ainsi enlevée est (après plus de 3 semaines de séjour dans l'alcool à 90°) de $17^{g},52$. La pièce est conservée, cette fois. On voit suinter le sang à travers les tissus déliquescents et bientôt un jet artériel, semblant venir de la cavité ventriculaire, m'oblige à placer une pince hémostatique qui restera 2 jours en place.

Un nouvel abcès, plein de pus verdâtre et fétide, siège sur la tente du cervelet; il est drainé, après élargissement de la brèche occipitale à sa hauteur; il ne contient aucun corps étranger.

Suites opératoires parfaites à tous points de vue; une seule fois, le 12 mars, 39° le soir sans raison connue. Mais l'encéphalocèle reparaît encore plus volumineuse que jamais; chaque jour s'éliminent des débris sphacelés, parfois gros comme l'extrémité du doigt. On se demande si le blessé ne va pas ainsi, peu à peu, détruire son hémisphère gauche tout entier.

Actuellement (16 mars 1915), R. ne quitte pas encore le lit, mais peut s'y déplacer facilement et se couche même sur le dos, comprimant ainsi, sans éprouver aucune gêne, sa hernie cérébrale, de plus en plus saillante, comme on peut s'en rendre compte sur les photographies jointes à ce résumé.

La radiographie, difficile chez un sujet peu docile (Dr Infroit) ne révèle rien d'anormal à signaler.

L'examen de tous les appareils est absolument négatif. Au dire de la famille, le blessé est tel qu'on l'a connu avant sa blessure.

En résumé, R. a pu perdre, tant par le fait de la résection deux fois

répétée de l'encéphalocèle que de la suppuration et de la hernie encore existante de son hémisphère gauche, *au moins le tiers de cet hémisphère* (tiers postérieur) et il ne présente aucun trouble de mobilité, de sensibilité générale ou spéciale, ni même d'intellectualité.

Sans rechercher quelles devaient être les conséquences de ces énormes lésions nerveuses centrales si bien supportées, je livre l'observation aux spécialistes et les invite à examiner le blessé dont le cas si curieux me semble pouvoir servir à l'étude des fonctions du cerveau.

CHIRURGIE. — *La symphyse cardio-thoracique extra-péricardique.* Note [1] de M. **Pierre Delbet**, présentée par M. L. Landouzy.

L'étude du thorax dans ses relations avec les viscères qu'il contient conduit à la conception de la symphyse cardio-thoracique extra-péricardique.

Chez les animaux coureurs, le chien par exemple, le cœur est très libre dans le thorax. Chez l'homme, la station verticale a pour conséquence le développement d'une forte cloison médiastine. L'ensemble des trousseaux cellulo-fibreux qui constituent les ligaments du péricarde sont des organes d'adaptation à la station debout. Ils limitent la mobilité du cœur, et c'est là une condition fâcheuse. Pour que la systole puisse se produire à n'importe quel temps de la respiration, il ne suffit pas que le cœur soit libre dans son sac fibreux; il faut que le sac fibreux soit libre dans le thorax.

L'intégrité de la séreuse proprement dite a relativement peu d'importance. Les symphyses péricardiques sont parfois des trouvailles d'autopsie. Les faits de ce genre, qui étonnent s'expliquent aisément par la théorie que j'expose.

Le cœur ne se sépare jamais de son enveloppe; la cavité péricardique est, comme on dit, virtuelle. La séreuse permet le glissement du cœur sur son sac fibreux; c'est là tout son rôle. Les adhérences intra-péricardiques étroites suppriment le glissement, de telle sorte qu'à chaque systole le péricarde fibreux est obligé de se plisser légèrement. S'il est souple et libre à sa périphérie, ce plissement se produit sans que le travail du cœur soit notablement augmenté. Donc, rien d'étonnant à ce que certaines symphyses, purement intra-péricardiques, ne se manifestent par aucun symptôme.

Les faits inverses, où les symptômes classiques de la symphyse existent,

(1) Séance du 22 mars 1915.

sans qu'il y ait d'adhérences de la séreuse, étonnent davantage. Ils s'expliquent aisément et complètement par la symphyse extra-péricardique.

Aucun vide ne peut exister dans le péricarde. Son feuillet fibreux s'adapte à chaque instant à la forme du cœur, se moulant exactement sur lui. Toutes les fois que ce feuillet fibreux perd de sa liberté périphérique, les contractions du cœur retentissent sur la paroi entraînant le retrait qui est considéré, à tort, comme caractéristique de la symphyse péricardique.

Les symptômes attribués à la symphyse péricardique sont, en réalité, fonction de la symphyse extra-péricardique; ainsi disparaissent les difficultés et les incohérences de ce point de clinique.

Le hasard m'a fourni un fait qui prouve surabondamment l'exactitude de cette théorie. Le retrait de la paroi était très net, bien qu'il y eût un épanchement dans le péricarde.

Ces faits montrent que la libération des adhérences intra-péricardiques ou cardiolyse directe, proposée par M. Delorme, ne donnerait aucun résultat, même si elle permettait, ce qui est impossible, de libérer définitivement les adhérences. Au contraire, l'assouplissement de la paroi thoracique par désossement chondro-costal, ou cardiolyse indirecte, peut donner des résultats remarquables. Un cas que nous avons présenté, Hirtz et moi, à l'Académie de Médecine le prouve.

Les symphyses extra-péricardiques permettent de comprendre d'autres faits où, bien qu'il n'existe pas d'adhérences, il se produit cependant, par un mécanisme que je vais indiquer, des troubles d'ordre symphysaire, de telle sorte qu'on pourrait les qualifier de *symphyses fonctionnelles*.

Comme aucun vide ne peut exister dans la cage thoracique, il faut qu'à chaque systole, le volume du cœur diminuant, quelque chose prenne la place devenue libre. Ce quelque chose, c'est le poumon. Dès que la pression diminue en un point, l'air et le sang s'y précipitent. Ce mécanisme de coussinet aéro-liquide ne peut fonctionner que si le tissu pulmonaire est d'une souplesse parfaite.

Les minces languettes de poumon qui s'insinuent de chaque côté, entre la paroi thoracique et la face antérieure du cœur, jouent à ce point de vue un rôle prépondérant. Elles protègent les cavités droites contre les mouvements du thorax.

Ces languettes sont fragiles : elles s'altèrent de bonne heure. Douai a montré qu'elles perdent de leur souplesse vers 45 ans. Le cœur devient alors dans une certaine mesure solidaire de la paroi. De là l'essoufflement

qui accompagne les efforts chez la plupart des hommes qui ont dépassé la cinquantaine.

L'oblitération des culs-de-sac pleuraux antérieurs, la sclérose plus accentuée des languettes pulmonaires peut entraîner, chez des individus dont le muscle cardiaque est peu développé, une dilatation du cœur droit. Sans qu'il y ait d'adhérences, la solidarité cardio-thoracique devient telle qu'elle cause en quelque sorte une symphyse fonctionnelle.

Cette conception m'a conduit à traiter certaines dilatations du cœur droit par la chondrectomie.

PHARMACODYNAMIE. — *Action pharmacodynamique comparée de l'or à l'état colloïdal et à l'état de sel soluble.* Note de **M. H. Busquet**, présentée par M. Charles Richet.

La question de savoir si un métal exerce la même action pharmacodynamique à l'état colloïdal et à l'état dissous (sous forme de sel) n'a guère donné lieu à des recherches expérimentales précises. J'ai essayé de résoudre ce problème en prenant l'or comme sujet d'étude.

Technique et matériel expérimental. — Comme or dissous, j'ai utilisé une solution de chlorure d'or contenant $0^g,01$ de métal par centimètre cube. On sait que ce sel ne se maintient dissous que grâce à un léger excès de HCl; je me suis assuré que cette faible acidité n'intervient en rien dans les réactions observées. Comme or colloïdal, j'ai employé de l'or colloïdal *bleu* obtenu par voie chimique; la préparation dont je me suis servi contenait également $0^g,01$ de métal par centimètre cube.

Ces deux réactifs ont été examinés comparativement : 1° sur le cœur isolé de lapin; 2° *in vivo*, sur le chien chloralosé. Dans le premier cas, des circulations coronaires de la solution de Ringer-Locke étaient réalisées avec le perfuseur de Pachon ; à un moment donné, le liquide nourricier normal était remplacé par ce même liquide additionné d'or colloïdal ou d'or dissous. *In vivo*, sur le chien, j'ai inscrit le tracé de pression carotidienne et noté les modifications manométriques produites par l'injection intraveineuse de chaque réactif.

Résultats. — *Sur le cœur isolé de lapin*, l'or colloïdal à la dose de $0^g,01$ par litre de liquide de Ringer-Locke manifeste une action légèrement cardiotonique. L'or dissous produit à la même dose un arrêt presque complet de la circulation coronaire; par exemple, s'il passait 15^{cm^3} à 20^{cm^3} de liquide par seconde pendant l'irrigation avec la solution nutritive normale ou avec cette même solution additionnée d'or colloïdal, on recueille à peine 3^{cm^3} à 4^{cm^3} dans le même temps pendant le passage de

chlorure d'or. Le ralentissement circulatoire entraîne une modification immédiate du fonctionnement cardiaque : le rythme diminue considérablement de fréquence et les battements deviennent irréguliers et moins amples.

Ces différences de réaction entre l'or colloïdal et l'or dissous sont encore beaucoup plus nettes avec de très fortes doses de métal. Avec $0^g,15$ d'or colloïdal par litre de solution de Ringer-Locke, on obtient un effet cardiotonique extrêmement énergique; avec la même proportion d'or dissous, l'effet toxique se manifeste avec une violence encore plus grande que précédemment.

Sur le chien, *in vivo*, l'or colloïdal à la dose de $0^g,003$-$0^g,005$ par kilogramme produit, pendant environ 30 minutes, un grand ralentissement cardiaque avec augmentation considérable de l'amplitude. La pression maxima s'élève de 3^{cm} à 4^{cm} de mercure et la pression minima s'abaisse au-dessous de son niveau antérieur. La fréquence du rythme devient 4 ou 5 fois plus faible et les oscillations manométriques d'origine cardiaque sont environ 10 fois plus amples qu'avant l'injection. Il s'agit donc là d'une réaction durable et de grande intensité, rappelant celle de la digitale ou du strophanthus (1).

Si, au lieu d'or colloïdal, on injecte une même dose de métal sous forme de chlorure, la réaction est tout autre. L'amplitude des battements diminue, leur fréquence augmente, la pression artérielle s'abaisse, et souvent le cœur s'arrête définitivement. En effet, la dose de $0^g,005$ d'or dissous par kilogramme d'animal provoque presque infailliblement la mort immédiate.

Résumé expérimental et conclusions. — Sur le cœur isolé de lapin, l'or colloïdal produit, à dose convenable, un renforcement cardiaque extrêmement énergique. A la même dose, l'or dissous sous forme de chlorure arrête la circulation coronaire et trouble profondément le fonctionnement du cœur.

Sur le chien, *in vivo*, l'or colloïdal, à la dose de $0^g,003$-$0^g,005$ par kilogramme, diminue la fréquence des battements, augmente considéra-

(1) Il convient de faire remarquer ici que les doses d'or colloïdal employées sont, rapportées au kilogramme d'individu, au moins 100 fois plus fortes que les doses thérapeutiques. Pour cette raison, et pour bien d'autres, il est impossible de conclure des réactions observées chez le chien à celles qui se passent chez l'homme dans les conditions cliniques.

blement leur amplitude, et élève la pression artérielle maxima. A la même dose, l'or dissous accélère le cœur, diminue son amplitude, provoque une chute de la pression artérielle et peut occasionner la mort immédiate de l'animal.

Il est intéressant de mettre en parallèle cette toxicité de l'or dissous et l'innocuité de l'or colloïdal pendant toute la durée de l'expérience (2 heures environ); il est très probable que, pendant ce laps de temps, l'or colloïdal ne se transforme pas en sel soluble ou tout au moins se transforme en très faible quantité.

Enfin, l'ensemble des faits précédemment énoncés montre, en ce qui concerne l'or, que l'état colloïdal confère à la matière des réactions qualitativement différentes de celles de l'état dissous.

ZOOLOGIE. — *A propos de* Chromidina elegans (*Fœttinger*). Note de M. **B. Collin**, présentée par M. Yves Delage.

Dans une Note précédente [1], j'ai fait connaître l'évolution atypique d'un Infusoire cilié du rein d'un Céphalopode : la *Chromidina elegans* (Fœttinger) vivant chez *Sepia elegans* d'Orbigny, et j'ai décrit pour cette espèce des individus géants atteignant 5^{mm}, taille énorme pour un Infusoire, à cytoplasme entièrement rempli de substance vitelline et ne contenant plus aucune trace du système nucléaire. L'infection se termine par la phagocytose complète du parasite, avec sclérose consécutive des régions attaquées. Mes recherches sur ce sujet se trouvant interrompues depuis fin juillet 1914 et ne paraissant pas devoir être reprises de si tôt, il me semble opportun d'ajouter aux faits déjà publiés quelques détails complémentaires.

Tout d'abord, une erreur grave s'est glissée dans ma première Note, où (par suite de la fraîcheur insuffisante du matériel) j'avais cru devoir indiquer « *les sinus veineux du rein* » comme étant le siège habituel de l'évolution atypique. Or, celle-ci a lieu en réalité, ainsi que j'ai pu m'en rendre compte ensuite, non point dans le rein lui-même, mais bien dans les lacunes sanguines *réno-pancréatiques*. Le pancréas, en effet, comprend, chez les Céphalopodes, une masse abondamment rameuse de diverticules glandulaires formés d'un épithélium sécréteur interne, d'une tunique conjonctive

[1] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 891.

moyenne, assez peu développée, et d'un revêtement épithélial externe qui n'est autre que la paroi du sac rénal, où pendent les diverticules. C'est dans les lacunes sanguines, séparant ces deux feuillets, que se rencontrent toujours les kystes à *Chromidina* et c'est là qu'ils évoluent, tandis que l'Infusoire normal se limite strictement au rein.

Sur les coupes de ces kystes, aux stades moyens d'évolution, on rencontre régulièrement, dans le corps de chaque Infusoire, une ou plusieurs curieuses formations radiées de nature énigmatique, apparaissant dans le cytoplasme comme une sorte de *géode* à capsule basophile, tapissée intérieurement par une frange régulière de longues aiguilles acidophiles à direction convergente, rappelant assez bien ce qu'on voit dans certains sphérocristaux peu denses, tels que ceux d'inuline. Les aiguilles se prolongent extérieurement à la capsule, sous forme de radiations à limite indécise se perdant dans le cytoplasme. Souvent, ces géodes se présentent avec un aspect lobé et comme étant en voie de multiplication intense; puis elles se dissocient et il en résulte des nids de géodes plus petits qui se dispersent ensuite dans tout le corps de l'Infusoire, sous l'influence de la cyclose. Cette évolution se répète un grand nombre de fois et semble liée, dans une mesure que je ne puis encore tout à fait préciser, à la genèse du vitellus; les formations radiées disparaissent, en effet, à mesure que celui-ci devient plus abondant. Quant à leur origine, je ne puis émettre qu'une hypothèse : à savoir qu'il s'agirait de masses kinoplasmiques néoformées, jouant un rôle pareil à celui du *noyau de Balbiani* dans l'œuf, mais ayant plutôt la valeur des cytocentres artificiels multiples, obtenus par Wilson dans l'œuf des Echinodermes; elles ne paraissent correspondre à aucun organe permanent de l'état de repos, autrement dit de l'état que nous appelons *normal*.

D'autre part, chez quelques exemplaires seulement de *Chromidina elegans* au début de l'hypertrophie, j'ai pu mettre en évidence, dans la région antérieure du corps (*cône céphalique* de l'Infusoire), un faisceau divergent de baguettes sidérophiles très inégalement développées, mais rappelant par leur position constante et leur situation réciproque la *nasse buccale* si développée des Infusoires gymnostomides et de quelques formes hyménostomides, sans doute encore assez voisines de ce groupe primitif, par exemple les *Frontonia*. Cette découverte, jointe à celle de l'existence d'une fente buccale subterminale (Fœttinger, Gonder et tout dernièrement Dobell), tendrait à rapprocher le type *Chromidina* de certains gymnostomes à noyau déjà fragmenté et micronuclei multiples (ou parfois

inexistants ?), tels que *Trachelocerea*, *Lagynus*, etc. De par son habitat dans une cavité cœlomique (sac rénal ou sinus sanguins), le genre *Chromidina* apparaît comme moins *primitif* et plus spécialisé biologiquement que le genre voisin *Opalinopsis*, hôte constant des annexes du tube digestif (lobes hépatiques et pancréas); il est à remarquer du reste que les diverses *Opalinopsis*, celles des Céphalopodes comme celle de la Carinaire (*O. Carinariæ*, Collin, 1914), supportent très facilement l'eau de mer et y vivent plusieurs jours, tandis que les *Chromidina* (du moins les exemplaires normaux, sans vitellus) s'y désorganisent aussitôt.

J'ajouterai pour terminer, autre détail corroborant des précédents, que j'ai rencontré plusieurs fois, chez *Sepiola Rondeleti* Gesner, des cas d'infection mixte par *Opalinopsis sepiolæ* et *Chromidina corronata*, les deux espèces vivant côte à côte, sans mélange aucun, l'une à l'intérieur, l'autre à l'extérieur des lobules du pancréas. Le foie et le rein ne présentent jamais néanmoins que de l'infection pure : *Opalinopsis* pour le premier, *Chromidina* pour le second. Nulle spécificité ne paraît mieux établie que celle de ces deux parasites si étroitement parents au point de vue morphologique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des ferments du rhum.* Note [1] de M. E. **Kayser**, présentée par M. A. Müntz.

La fermentation du jus de la canne à sucre et de ses dérivés fournit le rhum et le tafia ; la composition de ces produits dépend de la nature de la matière première, du mode de fermentation et de distillation, et surtout des microorganismes qui procèdent à la transformation des matières sucrées.

Parmi ces microorganismes, les levures alcooliques (levures basses, hautes se reproduisant par bourgeonnement et les schizosaccharomyces se reproduisant par scissiparité) occupent le premier rang.

Elles se différencient par ce dernier caractère, par leurs dimensions, la forme des colonies, par leurs besoins oxygénés, leur résistance à la température, à l'acidité, par la quantité de produits volatils, leur action sur les matières hydrocarbonées et azotées, enfin par les parfums qu'elles peuvent développer.

Ensemençons des moûts mélassés (1er jet et 3e jet) avec la levure I (levure basse) et la levure IV (schizos.) seules ou combinées; dans les bal-

(1) Séance du 22 mars 1915.

lons *bis*, l'eau est remplacée par de la vinasse dans la proportion de 40 pour 100.

Quantités par litre.

Levures.	Mélasse.	Alcool en volume.	Acide volatil en $C^2H^4O^2$.	Éthers en acétate d'éthyle.	Mélasse.	Alcool en volume.	Acide volatil en $C^2H^4O^2$.	Éthers en acétate d'éthyle.
		°	g	g		°	g	g
I	1er jet...	61,5	0,218	0,053	3e jet...	51,0	0,373	0,117
I *bis*	» ...	58,9	0,500	0,088	» ...	63,8	0,545	0,082
IV	» ...	66,8	0,254	0,044	» ...	59,3	0,272	0,047
IV *bis*	» ...	63,0	0,545	0,109	» ...	71,3	0,472	0,056
I + IV	» ...	61,5	0,300	0,053	» ...	60,0	0,309	0,056
I + IV *bis*	» ...	67,5	0,511	0,086	» ...	68,5	0,515	0,075

On voit que les deux levures se différencient très nettement et que l'addition de vinasses, surtout sensible avec la mélasse (3e jet), sert à accentuer ces différences.

Ensemençons un moût mélassé à 14 pour 100 en volume, sans addition aucune (témoin) ou additionné de 8,6 pour 1000 de sulfate d'ammoniaque ou d'asparagine.

Quantités par litre.

	Levure III (basse).			Levure IV (schizos.)		
	Témoin.	Azote minéral.	Azote amidé.	Témoin.	Azote minéral.	Azote amidé.
Acidité totale en SO^4H^2.....	3g,098	4g,043	2g,591	2g,647	3g,041	3g,306
Acidité volatile en $C^2H^4O^2$..	0g,390	0g,570	0g,749	0g,250	0g,187	0g,193
Alcool en volume..........	66°,0	56°,3	60°,0	58°,0	64°,0	63°,9
Éthers en acétate d'éthyle...	0g,029	0g,052	0g,052	0g,027	0g,041	0g,041

L'addition d'azote minéral ou amidé favorise surtout les schizosaccharomyces; on remarquera aussi qu'elle a diminué la quantité d'acide volatil pour cette dernière levure; c'est l'inverse pour la levure basse.

Nous verrons encore mieux ces différences en étudiant la composition des liquides distillés.

Comparons un moût mélassé abandonné à la fermentation spontanée (A), additionné de 1 pour 1000 d'acide sulfurique, mais non stérilisé (B), enfin stérilisé et ensemencé avec une levure basse de rhum (C) :

Pour 100 d'alcool à 100°.	A.	B.	C.
	mg	mg	mg
Acides volatils..........	490	219	81,2
Aldéhydes.............	10	8,4	15,4
Furfurol..............	0,5	0,5	0,3
Éthers.................	221,7	167,2	51,0
Alcools supérieurs.......	82,0	158,0	339,0
Coefficient non alcool....	804,2	553,2	486,9

On voit combien le coefficient non alcool varie, la différence porte notamment sur les acides volatils, les éthers et les alcools supérieurs dont certaines levures peuvent produire de fortes quantités, comme nous l'avons déjà signalé antérieurement ([1]).

Ensemençons deux moûts mélassés stériles avec une levure de rhum et la même levure en association avec un microbe isolé de la même mélasse :

Pour 100 *d'alcool à* 100°.

	Acides volatils.	Aldéhydes.	Furfurol.	Éthers.	Alcools supérieurs.	Coefficient non alcool.
	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Levure seule........	45,4	51,0	0,3	47,5	148,0	292,2
Levure + microbe...	416,8	4,2	0,2	58,0	114,0	593,0

La présence du microbe a doublé le coefficient non alcool; l'acidité volatile est forte, l'aldéhydification faible; c'est l'inverse pour la levure.

L'addition de vinasses, d'extrait de levure, de leucine augmente le coefficient non alcool, tandis que la dilution du moût le diminue, mais c'est encore la race de levure qui amène les variations les plus notables.

Le même moût mélassé stérilisé, ensemencé avec la levure II (basse) et la levure IV (schizos.), a donné les résultats suivants :

Pour 100 *d'alcool à* 100°.

	Acides volatils.	Aldéhydes.	Furfurol.	Éthers.	Alcools supérieurs.	Coefficient non alcool.
	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Levure II...........	85,7	168,0	0,3	29,0	210,0	493,0
Levure IV...........	56,6	94,5	0,6	31,6	38,6	221,5

Les schizosaccharomyces donnent donc un coefficient non alcool moitié moindre, avec une très faible teneur en alcools supérieurs.

([1]) *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 574.

Comparons maintenant, en milieu stérile, la levure II seule ou associée à une levure à voile XIV fréquente dans les mélasses de canne.

Pour 100 *d'alcool à* 100°.

	Acides volatils.	Aldéhydes.	Furfurol.	Éthers.	Alcools supérieurs.	Coefficient non alcool.
	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Levure II.......	68,1	30,7	0,5	55,4	193,0	347,7
Levure II+XIV.	148,1	108,0	0,9	1320,0	210,0	1787,0

L'addition de la levure à voile a augmenté tous les composants, notamment les éthers et ceci doit inviter l'expert à être prudent surtout lorsqu'il s'agit de conclure à un coupage avec l'alcool d'industrie ou à l'addition d'une sauce usitée en rhumerie.

L'application judicieuse des levures pures procurera au rhumier des produits de composition constante, elle a déjà diminué la durée de fermentation (de 3-4 jours à 30-36 heures) et permettra même d'obtenir des produits plus ou moins éthérés à la satisfaction de la clientèle.

A 16 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances des 8, 15, 22 février 1915.

Bulletin de la Société de Pathologie exotique. Tome VII, 1914. Paris, Masson; 1 vol. in-8°.

L'Année biologique, publiée sous la direction de M. Yves Delage. 18e année. 1913. Paris, Le Soudier, 1914; 1 vol. in-8°.

Deuxième expédition antarctique française, 1908-1910, *commandée par M. le Dr Jean Charcot : Alcyonaires*, par Ch. Gravier. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Edm. Perrier.)

Société de Géographie de Marseille. *Contribution à la Géographie botanique du nord du Var*, par M. le Dr Édouard Heckel. Marseille, 1915; 1 fasc. in-8°.

Muséum national d'Histoire naturelle. *Collection de Minéralogie. Guide du visiteur*, par M. A. Lacroix. Paris, Jardin des Plantes, galerie de Minéralogie, 1915, troisième édition; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Edm. Perrier.)

Icones plantarum Formosanarum nec non et contributiones ad Floram Formosanam, by B. Hayata, *Rigakuhakushi.* Vol. IV : *Government of Formosa.* Taihoku; 1 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans les séances de mars 1915.

Confédération suisse. Commission géologique. *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, livraisons 34 et 40, avec la feuille VIII de la Carte au $\frac{1}{100000}$, les cartes spéciales 55bis et 73, et le texte explicatif n° 17. Berne, 1912-1913.

Bulletin de l'Institut aérodynamique de Koutchino, fasc. 5. Moscou, Kouchnéreff, 1914; 1 vol. in-o°.

Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. Vol. XXXVIII, fasc. 2 : *Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord, le bassin des rivières Wagram et Kakwa*, par Louis Duparc et Marguerite Tikanowitch, et fasc. 3 : *Observations sur les rapports entre la Flore du Salève et la géologie de cette montagne*, par Jules Favre. Genève, Georg, 1914; 2 vol. in-4°.

United States national Museum. *Osteology of the armored dinosauria in the United States national Museum, with special reference to the genus Stegosaurus*, by Charles Whitney Gilmore. Washington, Government printing Office, 1914; 1 vol. in-4°.

Ministère de l'Intérieur. *Recueil des actes officiels et documents intéressant l'hygiène publique*, Tables répertoires des Tomes XXXI à XL. Melun, Imprimerie administrative, 1914; 1 fasc. in-8°.

Études de Lépidoptérologie comparée, par CHARLES OBERTHÜR, fasc. 10 (texte). Rennes, imprimerie Oberthür, 1914; 1 vol. in-4°.

Registreringsapparat til Tyngdemaalingspenduler, par V.-O. MADSEN et AAGE PATERSEN. Kjobenhavn, Bianco Lunos Bogtrykkeri, 1915; 1 vol. in-4°.

Nuova determinazione della latitudine del Reale Osservatorio di Brera, par L. VOLTA et G. FORNI. Milano, Ulrico Hoepli, 1914; 1 fasc. in-4°.

La cometa 1909 I (*Borrelly-Daniel*) *e la sua orbita*. Memoria dell' ingegnere LUIGI GABBA. Milano, Ulrico Hoepli, 1915; 1 fasc. in-8°.

Annuaire astronomique et météorologique pour 1915, par CAMILLE FLAMMARION. Paris, Ernest Flammarion, 1915; 1 vol. in-4°.

Les poids atomiques et la classification des éléments, par E. DE CAMAS. Vannes, Lafolye, 1914; 1 fasc. in-8°.

Société hydrotechnique de France. Comité technique. Bulletin spécial n° 1. *Étude générale du coup de bélier dans une conduite de diamètre constant*, par le COMTE DE SPARRE. Lyon, Legendre et Cie, 1915; 1 fasc. in-8°.

Esquisse d'un chapitre d'Architecture navale, par M. BERTIN. Paris, Gauthier-Villars, 1913 et 1914; 2 fasc. in-4°.

Département de l'Aube. *Mémoires de la Société académique d'Agriculture des Sciences, Arts et Belles-Lettres*, année 1914. Troyes, Paton; 1 vol. in-8°.

Université impériale de Tokio. *Mitteilungen aus der Medizinischen Facultät;* XIII. Band, 1. und 2. Heft. Tokio, 1914; 2 vol. in-4°.

Université de Pavie. *Atti dell' Istituto botanico*, par GIOVANNI BRIOSI, 2e série, t. IX, X, XI. Milano, Rebeschini di Turati, 1907, 1908, 1911; 3 vol. in-4°.

ERRATA.

—

(Séance du 11 janvier 1915.)

Note de M. *Jean Chautard*, L'origine des mounds pétrolifères du Texas et de la Louisiane :

Page 70, lignes 17 et 18, *au lieu de* pas comme des éléments de plissements à sédiments sensiblement horizontaux, *lire* pas comme des éléments de plissements régionaux, mais comme des accidents isolés dans une région à sédiments sensiblement horizontaux.

(Séance du 22 février 1915.)

Note de M. *Tavani*, Sur l'intégrale $\Gamma(\rho)$ et ses relations avec d'autres intégrales définies :

Page 274, dans le titre, *au lieu de* J. TAVANI, *lire* F. TAVANI.

Page 275, ligne 8, *ajouter* $\frac{1}{\beta}$ devant le signe de la deuxième intégrale comme devant la première.

Même page, ligne 12, deuxième formule du groupe (III), *ajouter* $\frac{1}{\beta}$ devant le signe d'intégration; *lire* $-\infty$ *au lieu de* $+\infty$, et *remplacer* par le signe + les deux derniers signes — de l'exposant de e.

Même page, ligne 16, deuxième formule du groupe (IV), *ajouter* $\frac{1}{\beta}$ devant le signe d'intégration; *remplacer* la lettre c par e et *supprimer* le d de dy dans l'exposant de e.

(Séance du 15 mars 1915.)

Note de M. *Léon Bloch*, Sur l'absorption des gaz par résonance :

Page 342, en bas, équation (4), au dénominateur, *au lieu de* $4\pi e^2$, *lire* $(4\pi e)^2$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 6 AVRIL 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Les ondulations instrumentales des images : leur variation diurne, annuelle, et leur relation avec l'état général de l'atmosphère.* Note de M. G. **Bigourdan**.

Les images focales des astres, fournies par des lunettes ou des télescopes un peu puissants, sont toujours animées de mouvements irréguliers qui jouent un rôle important dans la précision des mesures astronomiques : ce sont ces mouvements que nous appelons des *ondulations* instrumentales des images.

Des mouvements analogues se produisent aussi, dans certains cas, sur les images des objets terrestres, de sorte qu'il y a lieu de distinguer les ondulations instrumentales des images célestes et celles des images terrestres.

Ondulations instrumentales des images célestes. — Ces ondulations se produisent à toutes les hauteurs des astres. A un moment et en un lieu donnés, elles sont plus prononcées, plus grandes, à mesure que l'astre observé se trouve plus voisin de l'horizon; en outre, elles diminuent généralement d'importance à mesure que croît l'altitude de l'observateur, ce qui prouve qu'elles sont produites par l'atmosphère terrestre.

Il ne semble pas qu'on ait jusqu'ici déterminé expérimentalement la loi que suit la grandeur de ces ondulations quand la hauteur angulaire de l'astre varie; mais on sait que, lorsque cette hauteur angulaire passe de 90° à 0°, la grandeur des ondulations augmente lentement en partant du zénith, puis rapidement en approchant de l'horizon.

La nature et l'aspect de ces ondulations dépendent du diamètre apparent de l'astre observé. Sur un même astre, elles présentent successivement des caractères multiples, variés, difficiles à saisir, ce qui explique le peu d'études systématiques faites jusqu'ici sur ce sujet.

Le plus souvent, les observateurs se bornent à indiquer l'état des images par des expressions vagues comme *bonnes*, *assez bonnes*, etc. L'emploi d'une échelle numérique, pour indiquer cet état des images, est déjà un progrès sensible (¹); mais pour une étude approfondie de cet état, il faudrait indiquer les divers caractères présentés par les images.

Je ne parlerai pas ici des ondulations que présentent les astres de diamètre apparent sensible (²), de sorte que ce qui suit est relatif uniquement aux images stellaires.

Parmi les caractères que présentent ces dernières, on distingue facilement les suivants :

l'*amplitude* du déplacement global de l'image dans le champ;

l'*étalement* plus ou moins grand de chaque image stellaire, et sa relation avec la grandeur ou avec l'éclat de l'étoile;

la *vivacité* de chaque image, opposée à l'étalement, et la vivacité relative des diverses parties d'une même image;

les *mouvements relatifs* de ces diverses parties, mouvements qui sont parfois très rapides, de faible amplitude; parfois aussi l'image a l'aspect *pulvérisé*.

A défaut de moyens précis d'évaluer ces divers caractères, un des meilleurs procédés pratiques pour l'étude des ondulations stellaires est certainement l'observation d'étoiles doubles assez serrées, comparativement à la puissance de l'instrument employé. Cela tient à ce que les ondulations

---

(¹) J'ai toujours employé avantageusement soit l'échelle décimale 0 — 10, soit l'échelle 0 — 5 qui se transforme immédiatement dans la première, et en désignant les meilleures images par les nombres les plus forts. Certains observateurs, au contraire, indiquent les meilleures images par les nombres les plus faibles, ce qui paraît présenter l'inconvénient bien connu de la notation traditionnelle des grandeurs stellaires, où la valeur numérique croît à mesure que l'éclat diminue.

(²) Les apparences de ces ondulations présentées par les astres à diamètre apparent sensible ont été décrites par V. Ventosa, dans les Mémoires suivants :

La direction des vents supérieurs déterminée par les ondulations du bord des astres [*Ciel et Terre*, 11ᵉ année (1890-1891), p. 25-33 et 15ᵉ année (1894-1895), p. 513-514]. Voir aussi un Mémoire de 22 pages publié sous le même titre, Anvers, 1895.

La direction du vent et la scintillation [*Ciel et Terre*, 20ᵉ année (1899-1900), p. 197-203, 231-238, 248-259, 275-280 et 328-337].

gênent considérablement ces mesures, et l'on s'explique ainsi pourquoi ce sont presque uniquement les observateurs adonnés aux mesures d'étoiles doubles qui fournissent les renseignements relatifs aux ondulations qui nous occupent.

Variation diurne des ondulations célestes. — Sans faire de recherche spéciale, divers de ces observateurs ont constaté que le temps où les images célestes sont le plus calmes est celui qui tombe au voisinage du coucher du Soleil, et qu'en général il ne dure pas bien longtemps. Tels sont : W. Struve à Dorpat ([1]), A. Hall à Washington ([2]), Schiaparelli à Milan ([3]), etc.

A Paris, j'ai toujours constaté le même phénomène à partir de 1880 ([4]); de sorte qu'il paraît général. J'ai fait à ce sujet un grand nombre d'observations ([5]), particulièrement avec un micromètre à double image ([6]), qui permet, avec une étoile quelconque, de former un couple aussi serré qu'il est nécessaire.

Cette époque de calme relatif paraît correspondre au moment où l'atmosphère est à peu près en équilibre thermique; aussi peut-on penser que le matin les images présentent un autre temps de calme relatif; en tout cas, il est bien moins accusé que celui du soir, car souvent, quand les images avaient été belles le soir, j'ai tenté de recommencer les mesures d'étoiles doubles le matin, et jamais je n'ai vu alors d'images aussi belles que vers le coucher du Soleil ([7]).

Variation diurne des ondulations terrestres. — Les images terrestres présentent aussi une variation diurne analogue, ainsi que l'ont constaté

([1]) *Mensuræ Micrometricæ* (1837), p. xliv.

([2]) *Observations of Double Stars* (1881), p. 13.

([3]) *Misure de Stelle Doppie*... col Refrattore de otto pollici... negli anni 1875-1885 (1888), p. xxxij.

Misure de Stelle Doppie... col Refrattore de 18 pollici... negli anni 1886-1900 (1909), p. xvij.

([4]) *Mesures d'étoiles doubles*, faites à l'Équatorial de la Tour de l'Ouest, de 1880 à 1884 (*Annales de l'Observatoire de Paris : Observations* de 1883, p. H.25).

([5]) Ces observations, encore inédites, avaient particulièrement pour but de déterminer l'allure de la variation diurne. Dans le cours de ces observations, j'ai noté plusieurs fois qu'un trouble momentané de l'atmosphère, tel que celui produit par un orage local de courte durée, change peu l'allure de cette variation diurne.

([6]) *Comptes rendus*, t. 123, 2e sem. 1896, p. 1048.

([7]) *Mesures d'étoiles doubles*..., p. H. 25.

quelques observateurs d'étoiles doubles qui ont cherché à déterminer leur équation personnelle sur des couples artificiels placés à grande distance, comme O. Struve à Poulkova (1), Dembowski à Gallarate (2), etc. Même la plupart des observateurs paraissent admettre que les moments de calme et les moments d'agitation sont les mêmes pour les deux sortes d'images, célestes et terrestres; mais ils sous-entendent que, dans leur trajet, les rayons lumineux sont soustraits à l'action immédiate de l'échauffement du sol. Cependant des observations suivies à cet égard ne seraient pas inutiles.

Voici une disposition que j'ai employée quelque temps pour les images terrestres : une lunette, placée presque au sommet de l'Observatoire de Paris (3), visait sur un miroir plan installé au sommet de la tour du grand équatorial coudé. Ce miroir (4) était orienté de manière à réfléchir dans la lunette l'image d'une étoile double artificielle placée près de l'oculaire même de cette lunette, à portée de l'observateur, qui, sans se déranger, pouvait ainsi changer cette étoile; celle-ci était formée par deux trous en mince paroi éclairés par une lampe (5). Les rayons lumineux, dans leur double trajet, passaient ainsi à 20^{m} environ au-dessus du sol, d'ailleurs couvert de verdure, et étaient en grande partie soustraits à l'action directe de ce sol.

Variation annuelle des ondulations célestes. — Il y a aussi une grande inégalité entre les divers mois, au point de vue de l'état des images; mais les indications à ce sujet sont encore plus rares que celles qui regardent la variation diurne. A Paris (6) c'est dans les mois tempérés du printemps et de l'automne qu'on a les plus belles images, tandis que, dans les mois à températures extrêmes, elles sont le plus souvent agitées. Du reste, cette

---

(1) *Observations de Poulkova*, Vol. IX (1878), (p. 31).

(2) *Misure micrometriche*, Vol. II (1884), p. xvj.

(3) A la petite et étroite fenêtre du cabinet des entre-voûtes qui dépend de l'équatorial de la tour de l'Ouest.

(4) Ce miroir était logé au fond d'un tube dirigé vers la lunette et assez long pour bien protéger le miroir contre la pluie; par suite, il n'était pas indispensable de fermer l'ouverture antérieure de ce tube, et l'appareil était toujours prêt. Des changements apportés à la partie supérieure de la tour du grand équatorial coudé nécessitèrent l'enlèvement de ce tube, qui n'a pas été rétabli.

(5) Ce dispositif est à recommander pour la détermination de l'équation personnelle dans les mesures d'étoiles doubles à ceux qui veulent employer la méthode inaugurée par W. Struve (*Mens. micr.*, p. cxlij...) et développée surtout par O. Struve [*Obs. Pulkova*, Vol. IX, p. (28)...].

(6) *Mesures d'étoiles doubles*... faites de 1880 à 1884, p. H.26.

marche générale est souvent modifiée par l'état momentané de l'atmosphère : par les vents d'Ouest (régime cyclonique) et après la pluie, les images sont agitées, diffuses; par les vents faibles du Nord et l'Est (régime anti-cyclonique) on a des images vives et souvent calmes.

M. d'Engelhardt, à Dresde (1), a également constaté que par vent d'Est les images sont bonnes, alors que dans les autres cas elles sont rarement tranquilles.

A Paris on a encore de belles images par des temps brumeux, par brouillard, ou lorsque le ciel, couvert pendant le jour, se découvre le soir. De son côté, Dunér à Lund (2) avait également de belles images par temps de brouillard.

Ainsi l'état des images présente deux variations bien nettes, l'une diurne et l'autre annuelle, et la seconde au moins est en relation avec l'état général de l'atmosphère : ce sont là des faits auxquels devront avoir égard ceux qui se préoccupent de la question si importante de reconnaître les stations les plus favorables pour les observations astronomiques (3).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'inversion approchée de certaines intégrales réelles et sur l'extension de l'équation de Kepler et des fonctions de Bessel.* Note de M. **Paul Appell**.

I. Dans un grand nombre de questions de Mécanique, on rencontre des relations de la forme

$$\int_{x_0}^{x} \frac{\varphi(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = t, \tag{1}$$

où x est une variable réelle et $\varphi(x)$ une fonction réelle continue et positive, dans l'intervalle -1, $+1$, ne s'annulant ni dans l'intervalle, ni aux limites; le radical $\sqrt{1-x^2}$ est pris avec le signe $+$, ou le signe $-$, suivant que x croît ou décroît. Cette relation définit x comme fonction périodique de t,

(1) *Observations astronomiques....* Première partie (1886), p. 2.

(2) *Mesures micrométriques d'étoiles doubles* (1876), p. ij-iij.

(3) Voir par exemple : G. Bigourdan, *Sur le choix d'une échelle type pour définir l'état des images télescopiques, et sur le choix des stations les plus favorables aux observations astronomiques* [*Bull. astronomique*, t. 20 (1903), p. 389-392].

avec la période

$$T = 2\int_{-1}^{+1} \frac{\varphi(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}}. \tag{2}$$

Le problème d'exprimer x par une série trigonométrique, procédant suivant les sinus et cosinus des multiples de $\frac{2\pi t}{T}$, a été traité par Weierstrass dans un Mémoire « *Ueber eine Gattung reell periodischer Functionen* » (*Œuvres*, t. 2, p. 1), à la page 6 duquel l'auteur signale que les intégrales qu'il rencontre comprennent, comme cas particulier, des intégrales considérées par Bessel et par Hansen. J'ai traité ce même problème, à un autre point de vue, dans mon Mémoire « *Sur les fonctions à multiplicateurs et le développement des fonctions abéliennes en séries trigonométriques* », inséré au Tome 13 des *Acta mathematica* (p. 139-144) où sont signalées des fonctions généralisant les fonctions de Bessel. Cette généralisation peut d'ailleurs être envisagée à deux points de vue, soit au point de vue du *genre*, comme au Tome 13 des *Acta*, soit à celui du *nombre des variables;* c'est ce dernier point de vue qui se présente dans la présente Note.

II. La différence essentielle qu'il y a entre la méthode de Weierstrass et celle qui fait l'objet de cette Note est la suivante : tandis que Weierstrass fait l'inversion rigoureuse et cherche à déterminer les coefficients du développement en série trigonométrique, je commence par faire une première approximation *avant l'inversion*, en remplaçant la fonction $\varphi(x)$ par un polynome approché dans l'intervalle $-1, +1$.

III. Notre problème est donc de donner une expression approchée de la fonction x de la variable t, définie par l'équation (1). Pour cela, nous commençons par former une représentation approchée de la fonction $\varphi(x)$, dans l'intervalle $-1, +1$, par un polynome

$$P(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n.$$

Les $n+1$ coefficients de ce polynome seront déterminés :

1° Par la condition

$$2\int_{-1}^{+1} \frac{P(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = T, \tag{3}$$

qui donne une relation linéaire entre les coefficients;

2° Par les conditions qui résultent des méthodes d'interpolation, par

exemple par les conditions

$$P(x_i) = \varphi(x_i).$$

pour les n valeurs

$$x_1 = -1, \quad x_2 = -1 + \frac{2}{n-1}, \quad \ldots, \quad x_i = -1 + \frac{2(i-1)}{n-1}, \quad \ldots, \quad x_n = +1.$$

Les coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_n$ étant ainsi calculés, on remplacera l'équation donnée (1) par la nouvelle équation

$$(4) \qquad \int_{x_0}^{x} \frac{P(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = t,$$

où l'approximation est supposée assez grande pour que $P(x)$ ne s'annule pas non plus dans l'intervalle $-1, +1$.

Si l'on suppose

$$|P(x) - \varphi(x)| < \varepsilon$$

dans l'intervalle $-1, +1$, et si l'on prend $|x_0| = 1$, l'erreur commise sur t, pour une valeur donnée de x, s'annule pour $x = \pm 1$ en vertu de la condition (3) et est, quel que soit x, moindre que $\pi\varepsilon$. On pourrait alors appliquer à (4) les méthodes de Weierstrass...

Voici une méthode de calcul qui conduit à des fonctions de Bessel à plusieurs variables.

IV. Prenons $x_0 = +1$ et faisons, dans (4), le changement de variable

$$(5) \qquad x = \cos u.$$

Le polynome P devient

$$(6) \qquad P(x) = \frac{T}{2\pi}(1 - e_1 \cos u - e_2 \cos 2u - \ldots - e_n \cos nu)$$

où $e_1, e_2, \ldots, e_n$ sont des coefficients constants connus, positifs ou négatifs, et où la valeur $\frac{T}{2\pi}$ du terme constant résulte de la condition (3). L'équation (4), où $x_0 = +1$, devient alors

$$(7) \qquad u - e_1 \sin u - e_2 \frac{\sin 2u}{2} - \ldots - e_n \frac{\sin nu}{n} - \frac{2\pi t}{T} = 0.$$

Cette équation, comprenant comme cas particulier l'équation de Kepler, donne u; on a ensuite $x = \cos u$.

La dérivée, par rapport à u, du premier membre de l'équation (7) con-

servant un signe constant, cette équation a au plus une racine réelle. On peut toujours déterminer un entier m tel que

$$m\pi < \frac{2\pi t}{T} < (m+1)\pi;$$

en substituant ces deux multiples de π à u, on voit que l'équation a une racine comprise entre les mêmes multiples de π.

Il faut alors résoudre cette équation. Dans des cas étendus, on peut lui appliquer la méthode des approximations successives, telle qu'elle résulte des travaux de M. Kœnigs sur les équations fonctionnelles (*Annales de l'École Normale*, 1884 et 1885). Lorsque

$$|e_1| + |e_2| + \ldots + |e_n| < 1,$$

on peut, pour calculer l'approximation, employer l'élégante méthode que M. Kœnigs a donnée pour l'équation de Kepler et qu'on trouvera dans le Tome I de mon *Traité de Mécanique rationnelle* (Chap. XI, n° 239).

V. Le calcul direct des coefficients du développement de

$$x = \cos u,$$

et, en général, de $\cos ju$ ou $\sin ju$, en série de Fourier, procédant suivant les cosinus et les sinus des multiples de $\frac{2\pi t}{T}$, conduit à des fonctions de plusieurs variables comprenant, comme cas particuliers, les fonctions de Bessel. Ces fonctions sont du type suivant :

$$J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos\left(ku - x_1 \sin u - x_2 \frac{\sin 2u}{2} - \ldots - x_n \frac{\sin nu}{n}\right) du;$$

le type le plus simple, après les fonctions classiques de Bessel, est la fonction de deux variables

$$z = J_k(x, y) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos\left(ku - x \sin u - y \frac{\sin 2u}{2}\right) du,$$

qui vérifie des équations différentielles linéaires dont une,

$$\frac{\partial^4 z}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 z}{\partial y^2},$$

est indépendante de l'indice k. Ces fonctions paraissent devoir être rangées dans le groupe des fonctions se rattachant aux polynomes de Legendre et

aux fonctions de Laplace, dont on trouvera l'indication dans l'article intitulé : *Généralisations diverses des fonctions sphériques*, par MM. Appell et Lambert, publié dans l'édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques*.

VI. Revenons maintenant à l'équation (7). Les développements de u, de $\cos u$ et, en général, de $f(u)$, en séries procédant suivant les puissances des coefficients $e_1, e_2, \ldots, e_n$, conduisent à des séries généralisant les développements bien connus fournis par la formule de Lagrange, appliquée à l'équation de Kepler. Ces développements résultent immédiatement de l'application de la formule de Lagrange à une équation de la forme

$$u = z + \lambda[e_1\varphi_1(u) + e_2\varphi_2(u) + \ldots + e_n\varphi_n(u)],$$

formule dans laquelle, sous réserve de la convergence, on fait ensuite $\lambda = 1$.

Je dois me borner ici à ces indications générales.

NAVIGATION. — *Calcul de l'augmentation de vitesse ou de distance franchissable pouvant être obtenue par l'accroissement des sous-marins.* Note [1] de M. L.-E. BERTIN.

J'ai plusieurs fois entretenu l'Académie d'une étude théorique de l'agrandissement des navires, que j'avais à peu près achevée à la fin de 1912, et qui paraît dans le *Bulletin de l'Association technique maritime*, années 1913-1914, sous le titre : *Esquisse d'un chapitre nouveau de l'Architecture navale*. Les retards de la publication expliquent comment certaines données numériques, dans les exemples choisis, pourront sembler quelque peu vieilles.

Ma Note des *Comptes rendus* du 14 avril 1914 a indiqué les résultats numériques relatifs aux principales classes de navires de guerre et de commerce, sans faire mention des bâtiments de flottille et particulièrement des sous-marins, parce que les bâtiments de faible déplacement ne sont pas, en général, soumis à une loi de similitude permettant la détermination *a priori* des échantillons de la charpente et de la fraction de poids de coque. Il est possible de combler partiellement cette lacune en indiquant les deux éléments par lesquels la répartition du déplacement entre les poids des sous-marins se distingue de celle des autres navires.

---

[1] Séance du 29 mars 1915.

En premier lieu, les bénéfices résultant d'un accroissement des dimensions subissent l'influence de la très lourde charge imposée par la navigation en plongée, qui comprend, outre le poids d'un second appareil moteur, celui des accumulateurs électriques s'élevant à 30^{kg} environ par cheval-heure, soit cinquante à cent cinquante fois ce que pèsent les combustibles employés comme source de travail. A s'en tenir à cette seule considération, les autres éléments du devis des poids étant supposés soumis aux mêmes lois que sur les navires ordinaires, les qualités de vitesse et distance franchissable en surface des sous-marins rencontreraient des limites très restreintes. Leur maximum, d'après le calcul, serait atteint avec un déplacement en surface d'un millier de tonnes. La distance franchissable à 17^{m} de vitesse ne dépasserait pas 1400 milles marins. Aucune tentative pour la suppression des accumulateurs électriques n'a réussi jusqu'ici. La marche en plongée d'un moteur à combustion, alimenté au pétrole, exige les compresseurs et des réservoirs qui absorbent le bénéfice de poids. La propulsion par un moteur à hydrogène, évacuant directement à la mer, demanderait un appareil d'électrolyse qui ne serait pas moins lourd.

Le second élément, plus difficile à déterminer, est au contraire favorable à l'accroissement des dimensions. Il a son origine dans la loi de l'accroissement de la fraction du déplacement à appliquer à la charpente, qui est beaucoup plus lente que sur les navires ordinaires. La résistance des coques de navires à la flexion longitudinale exige, comme on sait, une fraction du déplacement croissant comme la racine cubique du déplacement. La résistance à la pression hydrostatique d'une coque sous-marine échappe à cette loi, et elle doit être seule prise en considération, aussi longtemps qu'elle assure une résistance plus que suffisante à la flexion longitudinale en surface. Un calcul empirique, d'après la comparaison de deux sous-marins de déplacements très différents, et de robustesses de coque également éprouvées, indique comme suffisante une augmentation de la fraction de poids de coque dans la proportion de la racine sixième du déplacement au lieu de la racine cubique. L'adoption de cette loi hypothétique fait passer de 1400 milles à 2600 milles la distance franchissable à 17 nœuds de vitesse pour les sous-marins futurs de 1000^{t} en surface. Au delà du déplacement de 1000^{t}, la distance franchissable continuerait à croître, bien que lentement, et n'aurait même pas rencontré son maximum à 2000^{t} de déplacement. En faisant porter le bénéfice des agrandissements sur une augmentation de vitesse, la distance franchissable restant constante à 1050 milles, le maximum de vitesse, avec la première loi, serait de 17,73 nœuds seule-

ment et serait atteint vers 1000^t. Pour le même déplacement, la vitesse atteindrait 19,7 nœuds en surface, avec la seconde loi [1].

En l'absence d'une loi de similitude applicable aux résistances à la pression hydrostatique, la fraction de poids de coque des sous-marins a été supposée constante, comme celle des torpilleurs ordinaires, dans les plus anciennes études esquissées pour porter, à 2000 milles et au delà, leur distance franchissable en surface.

La détermination théorique de la résistance des coques sous-marines à la compression a été abordée par plusieurs ingénieurs. Elle a fait l'objet d'un Mémoire fondamental de M. Marbec sur la flexion des anneaux élastiques, soumis à la compression, et de calculs numériques dus à M. Simonot. M. Doyère a entrepris, de son côté, une intéressante étude, à laquelle il n'a pas mis la dernière main. Comme ces Travaux, dont plusieurs ont mérité les récompenses de l'Académie, n'aboutissaient pas à des conclusions nettes au sujet des relations entre les moments de flexion sur les sous-marins semblables, j'ai pressé M. Marbec de se remettre à l'œuvre, et j'ai obtenu de lui, en mai 1914, une Note sur la similitude des sous-marins, qui précise, mieux que de simples comparaisons empiriques, la loi de l'accroissement de leur fraction de poids de coque quand le déplacement augmente.

Rappelons d'abord que la pression hydrostatique varie d'un point à l'autre de la coque, les dimensions transversales des sous-marins n'étant nullement négligeables en présence de la profondeur d'immersion.

D'après les formules de M. Marbec, la fraction de poids de coque des sous-marins doit croître comme la racine sixième du déplacement, ainsi que l'indiquait un calcul empirique; mais cette loi s'applique seulement à l'immersion, où l'arête supérieure du sous-marin affleure la surface liquide. Si la profondeur d'immersion, pour laquelle la résistance de la carène est calculée, devenait telle que la pression hydrostatique pût être considérée comme uniforme sur la carène, la fraction de poids de coque relative à la charpente serait constante. Dans ce dernier cas, l'avantage de l'augmentation de déplacement irait en s'affaiblissant, mais sans s'annuler jamais. La limite absolue, au delà de laquelle il y a perte, ne se rencontrerait qu'aux déplacements élevés, où les exigences de la navigation en surface rentreraient en compte.

Dans les conditions intermédiaires, qui sont celles de la pratique, entre l'immersion en affleurement et l'immersion à profondeur infinie, l'expres-

---

(1) Calculs faits en 1912, comme il est indiqué plus haut.

sion de la fraction de poids de coque comprend deux termes, l'un proportionnel à la racine sixième du déplacement et l'autre constant.

Les deux remarques suivantes montreront la complexité des problèmes relatifs à la résistance des coques sous-marines.

Il ne peut pas y avoir de similitude entre les charges exercées aux divers points de deux sous-marins de dimensions différentes. L'égalité de charge peut être obtenue sur deux points homologues, mais elle n'existe pas sur les autres points. Le résultat des essais de compression, parfois effectués sur des modèles, est ainsi entaché d'erreur, sauf dans le cas de compressions très fortes qui correspondraient à une immersion à très grande profondeur.

L'égalité de charge qui peut être obtenue sur deux points homologues, ainsi que nous venons de le dire, n'existe que pour une profondeur déterminée. Elle disparaît aux autres profondeurs.

RADIOGRAPHIE. — *La radiographie à l'hôpital de l'Institut.* Note [1] de M. MAURICE HAMY.

Le service radiographique de l'hôpital de l'Institut a été organisé, à la fin du mois de novembre 1914, avec un matériel emprunté aux collections de l'École Polytechnique. Les appareils réunis et mis au point par mes soins, au Laboratoire de Physique de cet établissement, n'ont pas cessé d'être employés depuis cette époque et j'en ai personnellement assuré le fonctionnement.

L'installation a d'ailleurs été utilisée, non seulement pour explorer les blessures des militaires en traitement dans les locaux de la bibliothèque Thiers, mais aussi pour venir en aide à d'autres blessés, soignés au dehors, parmi lesquels figurent les fils de plusieurs de nos confrères.

Sitôt entrés à l'hôpital, tous les blessés, à de rares exceptions près [2], sont radiographiés consécutivement, sur deux plaques distinctes, dans la même attitude, l'ampoule occupant deux positions écartées de 7^{cm} environ, à égale distance de la couche sensible. Examinés à l'aide d'un stéréoscope spécial, les clichés ainsi obtenus mettent en évidence le relief de la charpente osseuse et fournissent des indications précises immédiates, tant sur la

(1) Séance du 29 mars 1915.

(2) Dans le courant de janvier 1915, l'hôpital de l'Institut a fait les frais d'une installation radioscopique suffisante pour examiner les blessés légèrement atteints.

nature des désordres qui y ont été provoqués que sur la situation des projectiles et des débris incrustés dans les tissus. Mettant à profit les propriétés de la vision binoculaire, mise par la nature à la disposition des êtres vivants, pour apprécier la position relative des objets rapprochés, ce mode d'exploration si simple est à peine employé dans les hôpitaux français. On ne saurait trop le déplorer, dans l'intérêt de nos soldats, car il évite au chirurgien de commettre des erreurs quelquefois lamentables.

Lorsque la position la plus favorable à donner à un blessé, sur la table d'opération, diffère notablement de celle qu'il occupait pendant la pose des radiographies, on exécute au besoin deux nouvelles épreuves, en le disposant cette fois correctement par rapport aux plaques sensibles. On passe ensuite à la localisation géométrique des corps à enlever, s'il y a lieu.

Cette recherche se ramène facilement à une épure de géométrie descriptive dans laquelle on a plusieurs fois à résoudre le problème élémentaire s'énonçant ainsi : « Étant données les traces de deux droites, situées dans un même plan, trouver les projections de leur intersection (le plan des radiographies est pris comme plan horizontal et le plan perpendiculaire, mené par les deux positions de l'anticathode, comme plan vertical). »

Les données nécessaires aux constructions graphiques sont fournies par les clichés stéréoscopiques eux-mêmes. On y trouve : 1° les traces horizontales des droites partant des deux positions A′ et A″ de l'anticathode et passant par le corps à extraire; 2° les traces horizontales des droites partant des mêmes points A′ et A″ et passant par des repères opaques, disposés sur la peau du patient, repères par rapport auxquels on cherche à localiser les fragments cachés intéressant le chirurgien. Les épreuves portent d'ailleurs toutes deux des signes communs, venus photographiquement, qui permettent de reporter ces traces sur une feuille de papier à dessin, comme si les deux poses avaient été exécutées sur une seule et même plaque [1]. Par suite des dispositions prises, les projections des points A′ et A″, sur le plan des clichés, s'y inscrivent photographiquement. Leur connaissance et celle de la distance de l'anticathode à la couche sensible suffisent pour achever de tracer les canevas de l'épure.

---

[1] Il arrive que, dans l'intervalle du temps séparant les deux poses, le patient change quelquefois légèrement d'attitude par rapport au plan des radiographies. On en est prévenu, dans l'examen stéréoscopique, par l'impossibilité d'amener les deux épreuves à se superposer, et il est alors indiqué de n'en pas faire emploi pour des localisations. Ce moyen de contrôle fait défaut quand on inscrit, comme les radiographes le font d'ordinaire, les deux poses sur une même plaque.

BOTANIQUE. — *Sur la formation du pollen.* Note de M. **Guignard**.

Les grains de pollen naissent toujours, comme on sait, au nombre de quatre dans leur cellule mère, mais leur formation a lieu de deux façons différentes. Tantôt la première division du noyau de la cellule mère est immédiatement suivie d'un cloisonnement donnant deux cellules filles, puis chacune de celles-ci se partage de la même façon : la formation des grains de pollen est successive. Tantôt la première division du noyau n'est pas suivie d'un cloisonnement, et c'est seulement après la seconde bipartition nucléaire qu'apparaissent, en même temps, les cloisons qui divisent la cellule mère en quatre cellules filles : la formation des grains de pollen est simultanée.

Ces deux modes de formation, bipartition successive ou quadripartition simultanée, sont considérés comme caractères distinctifs, le premier des Monocotylédones, le second des Dicotylédones. Cependant, ni l'un ni l'autre n'offrent une constance absolue dans chacune de ces deux classes de végétaux.

Chez les Monocotylédones, en effet, la quadripartition simultanée a été remarquée, à la place de la bipartition successive, d'abord par Strasburger (¹) dans les *Asphodelus albus* et *A. luteus*. Tangl (²) crut aussi l'apercevoir dans l'*Hemerocallis fulva;* mais, plus tard, Strasburger (³), puis Juel (⁴) montrèrent qu'elle n'existe pas dans cette plante, où l'on observe d'ailleurs des anomalies particulières dans la division des noyaux des cellules mères polliniques.

Une exception beaucoup plus importante est celle que j'ai signalée, dès 1883, chez les Orchidées (⁵), car si l'on en excepte les *Cypripedium*, tous les représentants de cette grande famille qui ont été examinés

(¹) Strasburger, *Zellbildung und Zelltheilung*, 1880, p. 151.

(²) Tangl, *Die Kern- und Zelltheilung bei der Bildung des Pollens von* Hemerocallis fulva (*Denkschr. d. Math.-naturw. Cl. d. K. A. d. W. zu Wien*, Sep. Abdr., 1882, p. 2).

(³) Strasburger, *Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne*, etc. (*Arch. f. Mikr. Anat.*, 1882, p. 497).

(⁴) O. Juel, *Die Kerntheilungen in Pollenmutterzellen von* Hemerocallis fulva, etc. (*Cytologische Studien aus dem Bonner Bot. Institut*, 1897, p. 51).

(⁵) L. Guignard, *Recherches sur le développement de l'anthère et du pollen des Orchidées* (*Ann. des Sc. nat. : Bot.*, 6ᵉ série, t. 14, 1883, p. 26).

jusqu'ici forment leur pollen de la même façon que les Dicotylédones, c'est-à-dire par quadripartition simultanée.

Ce sont là, je crois, les seuls cas actuellement connus comme ne rentrant pas dans la règle générale chez les Monocotylédones. Toutefois, on verra plus loin qu'il en existe encore d'autres, sur lesquels la présente Note a précisément pour objet d'attirer l'attention.

Chez les Dicotylédones, on rencontre aussi des exemples où la division simultanée fait défaut et se trouve remplacée par la division successive.

Celle-ci a été observée, en effet, dans le *Ceratophyllum submersum* par Strasburger ([1]), dans le *Rafflesia Patma* par Ernst et Schmidt ([2]), dans quelques *Asclepias* par Strasburger ([3]), Frye ([4]), Gager ([5]), et dans l'*Apocynum androsæmifolium* par Frye et Blodgett ([6]).

On avait cru d'abord que, chez les Asclépiadées, la cellule mère pollinique se transforme directement, sans subir de division, en un grain de pollen unique, et cette exception semblait comparable à celle qui se manifeste dans la différenciation du sac embryonnaire chez certaines plantes (Lis, Tulipe, etc.) où, par suite d'un phénomène d'abréviation du développement, la cellule mère primordiale de cet organe ne se divise pas et devient directement le sac embryonnaire. Mais on a reconnu ensuite que l'exception dont il s'agit n'existe pas.

Les cellules mères du pollen, dans cette famille, sont disposées en une seule assise dans chacun des sacs polliniques de l'anthère et s'allongent fortement dans le sens radial. La première division nucléaire, reconnaissable à son caractère hétérotypique, est suivie aussitôt du cloisonnement transversal de la cellule mère; les deux cellules filles se cloisonnent ensuite dans le même sens, de sorte que les quatre cellules ou grains de pollen se trouvent orientées en une file unique. La cellule mère fournit donc, chez les Asclépiadées comme chez les autres Phanérogames, quatre grains de pollen; mais, par la marche du cloisonnement, elle se comporte comme dans la généralité des Monocotylédones.

A première vue, il semblerait que, dans le cas actuel, le mode de cloisonnement

---

([1]) Strasburger, *Ein Beitrag zur Kenntniss von* Ceratophyllum submersum, etc. (*Jahrb. f. wiss. Botanik*, t. 37, 1902, p. 477).

([2]) A. Ernst und E. Schmidt, *Ueber Blüthe und Frucht von* Rafflesia (*Ann. Jard. bot. Buitenzorg*, 1913).

([3]) Strasburger, *Einige Bemerkungen zu der Pollenbildung bei* Asclepias (*Ber. d. deutsch. Bot. Ges.*, t. 19, 1901).

([4]) Frye (T.-C.), *Development of the pollen in some Asclepiadaceæ* (*Bot. Gaz.*, t. 32, 1901).

([5]) Gager (C.-S.), *The development of the pollinium and sperm-cells in* Asclepias Cornuti (*Ann. of Bot.*, t. 16, 1902).

([6]) Frye (T.-C.) and Blodgett (E.-B.), *A Contribution to the life history of* Apocynum androsæmifolium (*Bot. Gaz.*, t. 40, 1905).

soit sous la dépendance de la forme allongée de la cellule mère. Mais il faut remarquer d'abord que, chez les Asclépiadées, l'orientation en file des quatre grains de pollen n'est pas absolument constante, car ils se disposent parfois en une tétrade fusiforme comprenant deux cellules au centre et une à chaque extrémité.

D'autre part, j'ai montré aussi ([1]) que, dans cette famille, la tribu des Périplocées, qui diffère essentiellement des autres Asclépiadées par son pollen pulvérulent et non cohérent en pollinies, s'en distingue également par la division simultanée, et non successive, de ses cellules mères polliniques, quoique ces dernières aient de même une forme allongée.

Récemment, Samuelsson ([2]) a fait connaître deux exemples de Dicotylédones chez lesquels le mode de développement du pollen ne rentre pas dans la règle commune à cette classe. L'un est fourni par l'*Aristolochia Clematitis*, l'autre par l'*Anona Cherimolia*.

Dans la première espèce, le cloisonnement est successif et s'accomplit comme dans la généralité des Monocotylédones; on remarque, en outre, que la première cloison devient rapidement aussi épaisse que la paroi de la cellule mère.

Dans la seconde espèce, les choses se passent différemment. En effet, pendant la télophase de la première division nucléaire, le cytoplasme commence à présenter, à la périphérie de la cellule, un étranglement équatorial qui progresse assez rapidement; mais, avant que la cloison ne s'achève, la seconde division nucléaire se produit, en s'accompagnant aussi d'un étranglement analogue du cytoplasme. Finalement, les cloisons se complètent entre les quatre grains de pollen.

Ce cas est entièrement comparable à celui que j'avais signalé antérieurement dans les *Magnolia* ([3]). Ici aussi, le protoplasme de la cellule mère commence à s'étrangler à la télophase de la première division nucléaire, et c'est seulement après la seconde que la cloison, apparue d'abord sous la forme d'un anneau équatorial périphérique entre les deux premiers noyaux, se constitue définitivement. La seule différence, tout à fait secondaire, consiste en ce que, dans les *Magnolia*, les quatre grains de pollen s'isolent finalement les uns des autres comme à l'ordinaire, tandis

---

([1]) L. Guignard, *Remarques sur la formation du pollen chez les Asclépiadées* (*Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 19).

([2]) Samuelsson (G.), *Ueber die Pollenentwicklung von* Anona *und* Aristolochia *und ihre systematische Bedeutung* (*Svensk Botanisk Tidskrift*, t. 8, 1914, p. 181).

([3]) L. Guignard, *Sur le mode particulier de formation du pollen chez les* Magnolia (*Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 5). — *Les centres cinétiques chez les végétaux* (*Ann. des Sc. nat. : Bot.*, 8e série, t. 6, 1898, p. 193).

que, dans l'*Anona*, ils restent soudés en tétrade, contrairement d'ailleurs à ce qu'on observe dans la plupart des autres Anonacées.

Au point de vue qui nous occupe, les *Magnolia*, auxquels il faut ajouter le *Liriodendron*, étudié plus récemment par Andrews [1], sont intermédiaires entre les Monocotylédones et les Dicotylédones. Mais, par l'apparition d'une cloison incomplète aussitôt après la première bipartition nucléaire, ils m'ont paru se rapprocher davantage, en réalité, des premières que des secondes.

Samuelsson partage également cette manière de voir, et l'existence d'un même type de développement du pollen chez les Magnoliacées et les Anonacées d'une part, chez les Aristoloches et les Monocotylédones d'autre part, lui suggère quelques considérations phylogénétiques intéressantes sur les affinités réciproques de ces divers groupes et leur place dans la systématique [2].

Considérons maintenant les nouvelles exceptions auxquelles il a été fait allusion précédemment à propos des Monocotylédones. Elles m'ont été fournies par les Liliacées et les Iridées [3].

Chez les Liliacées, elles se rencontrent dans les genres *Aloe*, *Haworthia*, *Gasteria* et *Apicra*, d'ailleurs très voisins les uns des autres et constituant, avec le genre *Lomatophyllum*, la tribu des Aloïnées. L'étude du développement du pollen dans les *Aloe cæsia* Salm-Dyck, *A. striata* Haw., *A. echi-*

---

(1) ANDREWS (F.-M.), *Karyokinesis in* Magnolia *and* Liriodendron, *etc.* (*Beih. Bot. Centralb.*, t. 11, 1902).

(2) En dehors des cas dont il vient d'être question, on ne connaît pas encore, au point de vue du mode de formation du pollen chez les Dicotylédones, d'autres exceptions à la règle du cloisonnement simultané. Aussi Samuelsson a-t-il pu s'étonner que Van Tieghem qui, dans son essai de remaniement de la systématique [*L'œuf des plantes considéré comme base de la classification* (*Ann. des Sc. nat.: Bot.*, 8e sér., t. 14, 1901, p. 286)], attache une valeur de premier ordre au mode de formation du pollen, ait rangé dans la même classe les Monocotylédones et les Nymphéacées, en invoquant un caractère qui n'a été constaté chez ces dernières par personne. On savait, au contraire, par mes observations de 1898, confirmées ensuite par celles de Lubimenko et Maige, que, sous le rapport de la formation du pollen, les Nymphéacées rentrent dans le type ordinaire des Dicotylédones. On ne voit pas davantage sur quoi repose l'assertion d'Engler, d'après laquelle une partie seulement des Nymphéacées rentrerait dans le type des Monocotylédones (*Syllabus der Planzenfamilien*, 7e éd., 1912, p. XVIII). Remarquons enfin que, pour être logique dans l'application de son système, Van Tieghem aurait dû exclure les Orchidées de cette dernière classe.

(3) Je dois la plupart des matériaux de cette étude à l'obligeance de M. Poirault, directeur de la Villa Thuret, au cap d'Antibes.

nata Willd., *Haworthia* sp., *Gasteria verrucosa* Duval et *Apicra spiralis* Baker, montre que le cloisonnement de la cellule mère pollinique est le même que chez les Dicotylédones. Dans plusieurs autres espèces du même groupe, chez lesquelles il n'a pu être observé faute de matériaux suffisamment jeunes, la disposition tétraédrique régulière, présentée par les quatre grains de pollen avant leur séparation, ressemblait absolument à celle qu'on observe d'ordinaire chez les Dicotylédones, ce qui autorise à croire que la formation simultanée existe aussi chez les espèces en question. Par suite, l'exception à la règle ordinaire chez les Monocotylédones porte vraisemblablement sur l'ensemble de la tribu des Aloïnées.

Chez les Iridées, pareille exception a été observée chez toutes les espèces que j'ai pu examiner dans cette famille.

Quoiqu'il ait étudié en détail tous les stades des deux divisions nucléaires dans la cellule mère pollinique des *Iris pseudo-Acorus* L., *I. squalens* L. et *I. germanica* L., Strasburger [1] ne paraît pas l'avoir remarquée. Cependant l'observation de ces trois espèces et, en outre, celle des *I. fœtidissima* L., *I. sibirica* L., *I. pallida* Lamk, *I. sambucina* L. m'a permis de constater d'une façon certaine que l'apparition des cloisons entre les quatre noyaux polliniques est toujours simultanée; on n'aperçoit même jamais, comme dans certains cas, l'ébauche d'une cloison transitoire après la première bipartition nucléaire.

J'ai observé ensuite le même mode de formation dans les Iridées suivantes : *Sisyrinchium striatum* Sm., *S. Bermudiana* L., *Antholyza æthiopica* L., *A. Cunonia* L., *Freesia refracta* Klatt., *Ixia paniculata* Delar., *I. coccinea* Eckl., *I. maculata* L., *Montbretia crocosmiæflora* Hort. Cette dernière plante est, comme on sait, un hybride comprenant d'assez nombreuses variétés horticoles. Toutes celles que j'ai examinées se comportaient de la même façon quant à la formation du pollen. Au stade où les filaments connectifs sont formés entre les quatre noyaux, on remarque assez souvent un léger épaississement sur la face interne de la paroi de la cellule mère, aux endroits mêmes où s'insèreront sur elle les cloisons délimitant les grains de pollen. Dans les *Sisyrinchium*, la disposition tétraédrique presque constante des grains de pollen au moment où ils viennent de prendre naissance permet déjà de soupçonner, avant tout examen des stades antérieurs, que la division simultanée doit exister dans

---

(1) STRASBURGER, *Ueber Reductionstheilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildung in Pflanzenreich*, 1900, p. 31 et suiv.

ces plantes. Dans les *Ixia*, la disposition relative des cloisons est beaucoup plus variable; parfois même, la cellule mère se partage par des cloisons méridiennes simultanées en quatre quartiers de sphère, dont les noyaux se trouvent situés presque sur un même plan.

Dans diverses Iridées cultivées, en particulier les Iris et les Glaïeuls, il arrive très fréquemment que le pollen se développe mal ou avorte à un stade plus ou moins avancé, même chez des espèces qu'on peut considérer comme pures; parfois aussi les grains de pollen bien conformés s'y rencontrent en assez grand nombre. Dans un *Gladiolus communis* cultivé, j'ai constaté, plusieurs années de suite, que les cellules mères polliniques n'entraient même pas en division pour former le pollen; par contre, dans plusieurs variétés horticoles dérivées du *Gl. gandavensis*, qui est lui-même un hybride, les grains de pollen étaient souvent assez abondants et, pour la plupart, d'apparence normale.

Il est possible, évidemment, que le mode de formation du pollen, chez les Glaïeuls et les autres représentants de la famille qui n'ont pas encore été étudiés au stade opportun, rentre dans le type ordinaire des Monocotylédones. Cependant, il y a tout lieu de croire que l'exception constatée est générale chez les Iridées : à ce titre, elle n'est pas moins intéressante que celle qu'on connaissait déjà chez les Orchidées.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel présente à l'Académie le deuxième fascicule du Tome 7 du *Bulletin du Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel.*

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le « Sargassum bacciferum »; la mer des Sargasses et l'Océanographie, par Camille Sauvageau. (Présenté par le Prince Bonaparte.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la rotation de la Couronne solaire.* Note [1] de M. J. Bosler, présentée par M. H. Deslandres.

Le problème de la rotation de la Couronne solaire a commencé à se poser vers 1865, dès que la nature véritable du phénomène fut établie. Mais les premiers essais sérieux pour mesurer sa vitesse ne remontent qu'à l'éclipse de 1893, où M. Deslandres [2] tenta d'appliquer aux raies noires du spectre coronal la méthode de Doppler-Fizeau qui avait déjà si bien confirmé la rotation photosphérique et qui, en raison des formes vagues de l'objet, paraît encore la seule praticable. Malheureusement les raies étudiées ont été reconnues depuis étrangères au spectre propre de la Couronne et c'est seulement en 1898 que M. W.-W. Campbell [3] effectua la seule mesure de cette importante donnée qui semble avoir été publiée. L'observation portait sur la raie brillante verte λ 5303 : elle a révélé une vitesse tangentielle directe de $3^{km},1$ par seconde à $\pm 2^{km}$ près : l'aspect diffus de la raie s'opposait à plus de précision.

Lors de l'éclipse du 21 août 1914, nous nous sommes proposés, M. H.-G. Bloch et moi, d'obtenir le spectre entier de la Couronne et nous avions disposé les choses de telle façon que si une raie utilisable se présentait, on pût en déduire une indication sur la rotation [4]. Nous pensions surtout à la célèbre raie verte : elle n'a pas paru. Par contre, on en a observé une autre, rouge celle-là, dont nous avons déjà annoncé la découverte et qui a donné lieu à l'essai qui va suivre.

L'instrument employé a été le spectroscope à trois prismes qu'une subvention du Fonds Bonaparte m'a permis d'acquérir et qui constituait notre principal appareil optique. La figure donne l'aspect du cliché, dont l'échelle est pour la région étudiée : $1^{mm} = 32$ Å. On voit en *c* et *c'* les spectres des

---

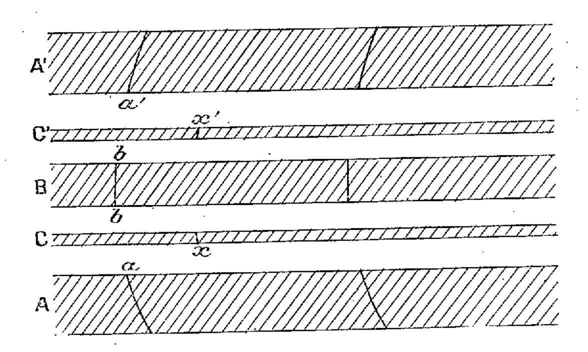
(1) Séance du 29 mars 1915.

(2) *Comptes rendus*, t. **116**, 1893, p. 1108, et *Observations de l'éclipse totale de* 1893 (Gauthier-Villars, 1896, et t. 7 des *Annales du Bureau des Longitudes*).

(3) *Astrophysical Journal*, t. **10**, 1899, p. 186.

(4) J. Bosler et H.-G. Bloch, *Observations de l'éclipse de Soleil du* 21 *août* 1914, *faites à Strömsund* (Suède) *par la Mission de l'Observatoire de Meudon* (*Comptes rendus*, t. **159**, 1914, p. 766). — Cette Note décrit en détail l'instrument, analogue comme dispersion à celui de M. Campbell qui avait l'avantage d'opérer dans le vert. La largeur de la fente était $\frac{1}{20}$ de millimètre.

bords est et ouest de la Couronne avec, en x et x', la raie nouvelle; A, A′ et B sont trois spectres de la lumière diffuse du ciel, obtenus d'un seul coup, à l'aide d'un diaphragme, 10 minutes après la fin de la totalité.



1° *Calcul de la correction due à la courbure des raies.* — Si les deux moitiés du cliché BCA et BC′A′ étaient symétriques, la différence des longueurs d'onde de x et x', déduites de B, donnerait directement la vitesse cherchée. Cette condition n'étant pas exactement réalisée, on a déterminé avec soin la courbure des raies sur la grande machine Brünner, de Meudon. Afin de réduire l'influence de la correction, le fil du réticule était placé, dans les mesures spectrales, parallèle aux cordes *ab*. Un calcul facile (revenant à trouver la flèche en x d'un arc de cercle dont on connaît la corde *ab*) a alors donné comme corrections : 0,20 Å (bord E.) et 0,23 Å (bord O.); la différence 0,03 Å, qui seule affecte la vitesse radiale, est de l'ordre des erreurs d'observation.

2° *Mesure des longueurs d'onde.* — Le spectre solaire, surtout celui de la lumière du ciel (avantageux à d'autres égards), n'est malheureusement pas très riche en bonnes raies dans le rouge. J'ai donc cru préférable de baser l'interpolation, non pas sur trois raies comme on le fait d'habitude avec la formule de Cornu, mais sur six, en faisant passer la courbe à égale distance des raies choisies [1]. Chaque raie des spectres B, A et C était pointée 10 fois (fil parallèle à *ab*); de même pour le côté B′A′C′. De plus, afin d'atténuer les effets du grain de la gélatine et aussi d'accroître la

(1) Ces raies étaient : $\lambda\lambda$ 6563,05 (C); 6400,28; 6122,43; 6102,94; 5896,15 (D_1) et 5890,18 (D_2). La deuxième et la quatrième ne sont pas simples à la dispersion de Rowland : on a pris les λ moyennes.

précision, j'ai fait, pour chaque spectre Est et Ouest, cinq séries complètes de mesures entièrement distinctes, à plusieurs jours d'intervalle. Celles-ci, corrigées de la courbure des raies, ont donné par des pointés faits à 1' environ du bord solaire :

Bord est.....	6374,36 6374,47 6374,42 6374,45 6374,48	Bord ouest...	6374,58 6374,57 6374,61 6374,60 6374,59
Moyennes..	6374,43		6374,59 (Système de Rowland)

La longueur d'onde de la raie normale est donc de 6374,3 Å, en appliquant aux Tables de Rowland la correction de 0,2 Å signalée par MM. Perot et Fabry (¹). Quant à la différence d'un bord à l'autre, 0,16 Å, elle correspond à une rotation directe de $3^{km},7$, ce qui, la fente étant inclinée de 18° sur l'équateur solaire, donne pour la vitesse équatoriale $3^{km},9$ environ.

Dans chacune des cinq séries de mesures, l'erreur d'une détermination de longueur d'onde a atteint en moyenne, pour les raies connues, $\pm 0,06$ Å; d'autre part la raie nouvelle, relativement très nette, dépend de l'ensemble des six autres et, pour cinq séries indépendantes, les raisonnements ordinaires attribueraient au chiffre final une précision assez forte. On sait combien ces calculs d'erreurs probables sont souvent illusoires : contentons-nous de dire que la vitesse trouvée est vraisemblablement exacte à 25 ou 30 pour 100 près.

Ainsi, bien qu'il y ait lieu d'insister sur les réserves que comporte une mesure en elle-même assez délicate et reposant sur un seul cliché, le résultat obtenu tire de son accord avec celui de Campbell, fondé sur la raie verte, une signification fort claire : la Couronne se meut dans le même sens que la surface du Soleil et *paraît* tourner très notablement plus vite. Les hautes couches de la Chromosphère manifestent une tendance analogue, mais à un bien moindre degré. On constaterait donc un accroissement apparent de la vitesse avec la hauteur; toutefois, il n'est pas sûr que celui-ci soit réel. Certaines expériences de laboratoire ont en effet montré que, dans un gaz ionisé, les centres lumineux (²) peuvent avoir des vitesses très

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 7ᵉ série, t. 25, 1902, p. 139.

(²) Ces centres sont, on le sait, extrêmement peu nombreux par rapport à l'ensemble des molécules. — Voir A. Perot, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 132, 310 et 1679.

différentes de celle de la masse gazeuse proprement dite : il est fort possible qu'il en soit de même dans le Soleil.

Remarques sur la Communication précédente et sur les problèmes qui se rattachent à la rotation de la Couronne solaire. Note (¹) de M. H. Deslandres.

L'observation de l'éclipse de Soleil de 1914, par MM. Bosler et Bloch, a donné des résultats fort intéressants; elle a révélé une radiation nouvelle intense de la Couronne, située dans le rouge, et a fourni une mesure de sa vitesse de rotation.

La mesure de cette vitesse est importante pour la reconnaissance de la vraie nature de la Couronne; les ions mobiles qui forment très probablement la lumière du gaz coronal ont une charge électrique dont le sens et les mouvements verticaux influent sur la vitesse de rotation; et, inversement, de la grandeur et des variations de cette vitesse, on peut déduire des conséquences intéressantes sur les ions eux-mêmes.

Pour comprendre cette dépendance, il suffit de se reporter aux résultats récemment obtenus à Meudon (de 1911 à 1913) sur les vitesses radiales des protubérances au bord, ou, autrement dit, sur les vitesses de rotation des diverses couches protubérantielles (²). Lorsqu'on s'élève progressivement au-dessus du bord dans une protubérance haute, la vitesse de rotation croît et décroît alternativement; d'abord plus grande, et parfois même beaucoup plus grande, que la vitesse normale des couches chromosphériques inférieures; elle décroît ensuite, et souvent jusqu'à devenir négative, pour augmenter de nouveau. Ces variations impliquent une trajectoire hélicoïdale des jets protubérantiels, et l'existence d'un champ magnétique général analogue au champ terrestre, mais de faible intensité et spécial aux couches supérieures.

Or ce champ magnétique doit aussi agir sur les ions coronaux, qui s'approchent ou s'éloignent du centre solaire, et produire des variations ana-

---

(¹) Séance du 29 mars 1915.

(²) Voir les Notes de Deslandres, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1433 et 1541; t. 153, 1911, p. 10 et 221; t. 155, 1912, p. 1573, et surtout la Note d'octobre 1913, intitulée : *Remarques sur les champs généraux, magnétique et électrique, du Soleil* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 517).

logues de la vitesse de rotation. Il est seulement probable que le pas de l'hélice décrite doit être beaucoup plus grand.

On a donné récemment, comme on sait, deux valeurs très différentes du champ magnétique général du Soleil, à savoir : une valeur très faible, de l'ordre de 10^{-7} gauss, tirée des recherches précédemment citées sur les protubérances hautes, et une valeur beaucoup plus forte, voisine de 50 gauss, d'après Hale, et reconnue par l'effet Zeeman dans les couches les plus basses de l'atmosphère, près de la surface. Les deux valeurs s'appliquent à des couches distinctes et sont conciliables, comme je l'ai montré aussitôt après. De plus, si le champ élevé de Hale s'étendait jusqu'à l'extérieur, les particules électrisées, qui vraisemblablement sont émises par le Soleil, seraient rapidement et fortement courbées et n'arriveraient pas jusqu'à la Terre ou à son voisinage; leur venue serait possible avec le faible champ des protubérances.

La question si importante d'un rayonnement corpusculaire, émis par le Soleil et reçu par la Terre, peut donc être éclaircie par l'étude de la Couronne, et c'est une raison nouvelle de poursuivre la reconnaissance générale de ses mouvements. Malheureusement, la Couronne est observable seulement pendant les éclipses, et les progrès ne peuvent être que fort lents. On ne peut citer jusqu'à présent que trois mesures directes, résumées ci-dessous et de valeur inégale.

Date éclipse.	Auteur.	Radiation photographiée.	Distance au bord solaire en minutes d'arc.	Valeur du déplacement mesuré en $\frac{1}{100}$ de millimètre.	Vitesse correspondante en km, qui est la moitié de la vitesse de rotation.
			′		km km
1893...	Deslandres	raie violette K ou 393	10	1,52	7,05 ± 1,2
1898...	Campbell	raie verte 530	3	0,82	6,2 ± 4
1914...	Bosler	raie rouge 637	1	0,48	7,4 ± 2,2

Les déplacements mesurés sont fort petits, et la précision de la mesure est nécessairement faible; ils sont d'ailleurs inégaux, ce qui est dû surtout à ce que les raies utilisées ont des positions très différentes dans le spectre. Les spectrographes employés étaient à prismes, et, avec ces appareils, le déplacement des raies, pour une même vitesse radiale de la source, décroît du violet ou rouge. De plus, l'épreuve de 1893, comme il sera expliqué plus loin, est soumise à une objection grave; celle de 1898 offre la raie verte coronale large et diffuse; enfin, avec l'épreuve de 1914, la raie rouge apparaît assez fine, mais la dispersion est faible. Nos connaissances sur le mou-

vement de rotation de la couronne sont donc encore bien restreintes et une conclusion ferme serait prématurée. J'ajouterai quelques remarques sur la première mesure de 1893, que les progrès récents permettent de mieux analyser.

Cette mesure a été faite sur une épreuve qui juxtaposait les spectres des équateurs Est et Ouest de la couronne à 10′ du bord, spectres qui contenaient, outre les raies violettes H et K, et les raies de l'hydrogène, les raies λ4230,0, λ408,6, λ398,7 admises par tous comme coronales. Toutes ces raies étaient assez fines, mais les raies H et K étaient les seules rapprochées au contact et donc capables de fournir immédiatement une mesure précise; et c'est sur elles seulement que la première étude a été faite ([1]).

On peut objecter, il est vrai, et avec de bonnes raisons à l'appui, que ces raies violettes ne sont pas coronales et sont dues à la diffusion par notre atmosphère des raies H et K, très intenses dans la chromosphère. Cette explication doit contenir seulement une part de la vérité; car, dans certaines éclipses, ces raies violettes étaient invisibles sur le disque de la Lune au bord intérieur, et cependant discernables à une grande hauteur dans la couronne; dans l'éclipse de 1893, elles étaient plus fortes à l'extérieur qu'à l'intérieur.

A mon avis, la couronne doit émettre ces raies violettes, au moins accidentellement, et en particulier aux époques du maximum des taches, lorsque le Soleil entier subit de grandes perturbations; et c'était justement le cas en 1893. Mais, lorsque la lumière coronale est mêlée à la lumière diffuse, la vitesse mesurée est évidemment complexe.

On peut noter en effet que la lumière diffuse seule peut donner un déplacement analogue à celui qui a été observé. Dans la première moitié de la totalité, pour un observateur placé dans la ligne centrale, la partie Est de la chromosphère est seule dégagée; et, comme elle tourne en se rapprochant de la Terre, sa lumière générale et la lumière diffuse issue d'elle ont un déplacement vers le violet; pour la même raison, dans la seconde moitié de la totalité, la lumière diffuse de la chromosphère doit avoir un déplacement global vers le rouge, qui est d'ailleurs difficile à calculer exactement.

Pour la même raison, le spectre de la lumière diffuse adopté par

([1]) L'épreuve n'a pas de spectre de comparaison; mais on pourrait, en relevant avec soin toutes les raies, et en comparant les trois raies coronales aux autres, tirer de ces rapprochements des données intéressantes sur la vitesse de rotation de la couronne.

M. Bosler comme spectre de comparaison, 10 minutes après la fin de la totalité, doit avoir subi un petit déplacement, qui se retrouve dans les mesures de longueurs d'onde. Il en résulte une petite erreur dans la valeur de la longueur d'onde normale de la raie rouge; et cette même erreur se retrouve probablement aussi, mais plus faible, dans la détermination similaire de Campbell avec la raie verte coronale. Certes il eût été meilleur de juxtaposer un spectre terrestre qui exige, il est vrai, un dispositif spécial.

Toutes ces remarques montrent bien la difficulté de la recherche à poursuivre. Si l'on veut réaliser un grand progrès, il conviendra d'appliquer à cette étude les grands spectrographes qui relèvent actuellement dans les observatoires et avec une précision notable les vitesses de rotation des diverses couches solaires au-dessous de la couronne. En particulier, le grand spectrohéliographe de Meudon, à trois grands prismes et à chambre de 3^m, a déjà fait ses preuves sur ce terrain; il donnerait les vitesses coronales avec une précision quatre fois plus grande que les appareils précédents, et sans exiger une pose beaucoup plus longue [1]. On peut aussi préconiser l'emploi d'une petite image du Soleil avec la méthode dite *de l'inclinaison*, qui a été si utile avec les planètes.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le coefficient de température des réactions photochimiques*. Note [2] de M. **Daniel Berthelot**.

La vitesse des réactions chimiques augmente en général avec la température suivant une loi exponentielle. Au voisinage de la température ordinaire, on a observé, dans des cas variés, qu'une élévation de température de 10° rend la constante de vitesse de double à triple. En d'autres termes, le rapport $\frac{K_{t+10}}{K_t}$ auquel on donne le nom de *coefficient de température* est compris entre 2 et 3.

Sous ce rapport les réactions photochimiques se distinguent des réactions

(1) Ces grands appareils permettraient aussi d'étudier la largeur variable de la raie verte, largeur qui peut tenir simplement à ce que la couronne ne tourne pas comme un corps solide. (Voir *Observations de l'éclipse totale de* 1893, p. 46, Gauthier-Villars, mars 1896.) Avec la raie rouge, l'emploi des grands réseaux actuels est aussi à recommander.

(2) Séance du 29 mars 1915.

chimiques proprement dites; leur vitesse est relativement peu influencée par la température. Voici quelques observations à ce sujet.

1° *Décomposition du lévulose.* — Nous avons montré que les cétoses telles que la dioxyacétone ou le lévulose se dédoublent sous l'influence de la lumière et donnent l'alcool inférieur avec dégagement de gaz oxyde de carbone. Cette réaction est *monomoléculaire* en solution aqueuse étendue; elle commence dans l'ultraviolet solaire et s'accélère rapidement dans l'ultraviolet moyen. Ces conditions étant précisément celles des plus importantes applications pratiques des rayons ultraviolets, la réaction précédente fournit la base d'un photomètre chimique (1) qui permet dans ces cas de comparer avec plus de précision qu'on n'avait pu le faire l'efficacité de diverses sources lumineuses, les altérations brusques ou lentes des lampes à mercure, etc. Ce photomètre a été employé avec succès par M. de Kowalski (2) dans les expériences où il a montré que le transformateur à résonance de MM. Hemsalech et Tissot fournissait une source économique de rayons ultraviolets pour la stérilisation de l'eau.

Pour déterminer les coefficients de température, quatre tubes de quartz mince, remplis d'une solution aqueuse à 10 pour 100 de lévulose, ont été placés à 30^{mm} d'une petite lampe verticale en quartz à vapeur de mercure. Deux d'entre eux sont exposés librement au rayonnement; leur température a été trouvée égale à 69° et 70°. Deux autres sont coiffés, sur le côté opposé à la lampe, de capuchons de coton refroidis par un mince filet d'eau; leur température était de 40° pour l'un comme pour l'autre. On attend que le régime stationnaire pour le dégagement des gaz et la température soit établi. On mesure alors la quantité d'oxyde de carbone dégagée en une demi-heure. Elle a été trouvée de $0^{cm^3},60$ et $0^{cm^3},62$ (soit en moyenne $0^{cm^3},61$) pour les tubes chauds; et de $0^{cm^3},55$ et $0^{cm^3},55$ pour les tubes refroidis. D'après cela, entre 40° et 70°, le coefficient de température relatif à la décomposition du lévulose est 1,035.

2° *Acide oxalique et perchlorure de fer.* — A la lumière du jour, le sel ferrique est réduit à l'état de sel ferreux, avec dégagement d'anhydride carbonique.

On prépare une solution composée de 20^{cm^3} d'acide oxalique à 5 pour 100;

(1) D. Berthelot et H. Gaudechon, *Sur un actinomètre à lévulose pour les rayons ultraviolets* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 707).

(2) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, mai 1914.

de 10^{cm^3} de perchlorure de fer à 24°B., et de 30^{cm^3} d'eau. On en remplit entièrement un long tube en U en verre mince de 12^{mm} de diamètre, dont une branche est fermée à la lampe et dont l'autre branche est fermée par un bouchon de caoutchouc traversé par un tube en verre ouvert dans lequel monte le liquide refoulé par le dégagement gazeux. Ce tube en U est placé dans un thermostat rempli d'eau à 21°; un second tube semblable est mis dans un thermostat rempli d'eau à 61°. Les deux thermostats sont exposés simultanément au soleil pendant un quart d'heure. Après refroidissement à l'obscurité, les gaz sont recueillis et analysés. Le volume (CO^2 pur) était de $3^{cm^3},81$ pour le tube froid; de $4^{cm^3},00$ pour le tube chaud. D'après cela, dans l'intervalle de 21° à 61°, le coefficient de température de la réaction est 1,01, résultat sensiblement identique à celui trouvé par M. Lemoine (¹) entre 3° et 35°.

La faiblesse de ces coefficients de température montre qu'il s'agit, dans les deux cas précédents, de réactions photochimiques pures exemptes de réactions secondaires subséquentes.

Il est remarquable que les vitesses de réactions très variées soient accélérées par la température d'une manière sensiblement uniforme; leur coefficient de température étant compris entre 2 et 3. Si l'on adopte la valeur moyenne 2,5, on peut dire qu'une heure à 110° équivaut à un jour à 75° ou à un mois à 40°, et bien que les réactions à l'état solide soient moins régulières qu'à l'état liquide, cette règle se vérifie assez bien pour que M. Vieille ait pu l'appliquer à évaluer l'état de conservation et la vie probable de certaines matières en voie d'altération spontanée, telles que les poudres sans fumée.

Si les réactions photochimiques sont peu sensibles à la température, il existe, en revanche, comme je l'ai indiqué, une grandeur physique qui joue ici le même rôle que la température dans les réactions chimiques ordinaires : la *fréquence vibratoire* représente le potentiel ou facteur d'intensité de l'énergie rayonnante au même titre que la température représente le potentiel ou facteur d'intensité de l'énergie calorifique, et la vitesse des réactions photochimiques croît exponentiellement en fonction de la fréquence de la lumière absorbée (²).

On s'explique ainsi que le noircissement d'une plaque photographique

---

(¹) *Annales de Chimie*, 7e série, t. 6, 1895, p. 448.

(²) D. Berthelot, *Revue générale des Sciences*, 30 avril 1911; *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, décembre 1911.

exige des heures dans le rouge, des minutes dans le jaune, des secondes dans l'ultraviolet; que la combinaison photochimique du chlore et de l'hydrogène, lente dans le rouge, devienne rapide dans le jaune et explosive dans le violet, au même titre que la combinaison chimique de l'oxygène et de l'hydrogène, insensible à la température ordinaire, nécessite pour être complète plusieurs mois à 200°, quelques heures à 500° et devienne explosive vers 850°.

De nombreuses expériences comparées, sur la vitesse des dégagements gazeux des cétoses (dioxyacétone, lévulose, etc.) dans les diverses régions de l'ultraviolet, m'ont montré que, pour ces solutions qui absorbent régulièrement l'ultraviolet, les durées de réaction, à égalité de puissance rayonnante, se comptent par mois dans l'ultraviolet initial, par heures dans le début de l'ultraviolet moyen et par minutes quand on atteint l'ultraviolet extrême.

Ces constatations permettent, quand on complète, pour certains corps altérables, les épreuves par la chaleur au moyen d'épreuves par la lumière [1], de graduer les effets des secondes comme ceux des premières.

BOTANIQUE. — *Sur la résistance à la salure des Bactéries marines.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'influence de la salure de l'eau de mer sur les êtres vivants n'a guère été étudiée jusqu'ici que pour les animaux, où, d'ailleurs, elle a donné des résultats fort intéressants. Il n'en a pas été de même pour les Bactéries, complètement négligées à ce point de vue. Dans le but de combler, dans une certaine mesure, cette dernière lacune j'ai institué un grand nombre de cultures qui, on va le voir, m'ont procuré des données satisfaisantes au point de vue biologique.

J'ai pris, comme matériaux d'études, dix espèces différentes de Bactéries isolées de l'eau de mer et conservées en cultures pures. Ces dix espèces ont été prises au hasard parmi beaucoup d'autres et représentent, vraisemblablement, la moyenne des résultats qu'on aurait obtenus en étudiant toutes les espèces marines. Les cultures ont été faites en eau douce peptonée à 1 pour 100 et additionnée de quantités variables de chlorure de sodium.

(1) D. Berthelot et H. Gaudechon, *Stabilité des divers types de poudres sans fumée vis-à-vis des rayons ultraviolets* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1220).

Le premier problème à résoudre était celui de savoir quelle dose maxima de sel marin elles pourraient supporter. Le tableau suivant résume les résultats obtenus (le signe + indique que le développement a eu lieu et le signe o qu'il a été nul) :

	Chlorure de sodium pour 100.															
Espèces.	2,5.	3.	5.	7.	8.	8.5.	9.	10.	10.5.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
Bacillus arbusculus	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
» *inodorus*	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
» *glycogenophilus*	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
» *Clavaudi*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o
» *piger*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
» *ruber-bruneus*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
» *pelliculus*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o
» *Charentei*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o
» *filamentosus*	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o
» *rosaceus-niger*	+	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

De ce tableau il résulte que, sur les dix Bactéries, quatre ont vécu dans l'eau salée jusqu'à 8 pour 100, 1 dans 9 pour 100, 3 dans 10 pour 100, 1 dans 10,5 pour 100, 1 dans 16 pour 100.

Les Bactéries en expérience venaient de l'Atlantique et étaient, par conséquent, adaptées à la proportion de sel dans cet océan, soit environ 2,5 pour 100. On voit que toutes ont supporté une salure à peu près 3 à 5 fois plus considérable que celle de l'eau de mer normale.

Cette sursalure étant connue, il était tout indiqué de faire des expériences semblables sur la *sous-salure*. Je n'ai eu garde d'y manquer et le tableau suivant, relatif aux mêmes espèces, nous renseigne à cet égard :

	Chlorure de sodium pour 100.										
Espèces.	2,5.	2.	1,5.	1.	0,5.	0,4.	0,3.	0,25.	0,2.	0,1.	0.
Bacillus arbusculus	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
» *inodorus*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o
» *glycogenophilus*	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
» *Clavaudi*	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
» *piger*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o
» *ruber-bruneus*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o
» *pelliculus*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o
» *Charentei*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o
» *filamentosus*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o
» *rosaceus-niger*	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o

On voit que quatre espèces se sont contentées de 0,3 pour 100 de chlo-

rure de sodium, 5 de 0,25 et 1 de 0,2, soit en moyenne 10 fois moins que la teneur normale. On peut remarquer aussi que cette quantité, si faible soit-elle, leur est cependant indispensable puisqu'elles ne se développent pas en son absence complète.

En résumé, les Bactéries marines, seules peut-être parmi les êtres aquatiques, jouissent d'une tolérance très large pour la teneur de l'eau en chlorure de sodium puisqu'elles peuvent, d'un côté, supporter de 8 à 16 pour 100 de sel marin et, d'autre part, se contenter de 0,3 à 0,2 pour 100 du même sel. On remarque également qu'elles s'adaptent proportionnellement mieux à la sous-salure (10 fois moindre) qu'à la sursalure (3 à 6 fois plus forte); ces adaptations se font, d'ailleurs, d'emblée, dès la première culture, et s'accroîtraient, probablement, par une accoutumance lente et progressive.

BOTANIQUE. — *Sur le développement et la biologie d'une Laminaire* (Saccorhiza bulbosa). Note (¹) de M. C. **Sauvageau**, présentée par le Prince Bonaparte.

Aucune espèce de Laminaire n'a été suivie depuis la germination jusqu'à l'état adulte. Les dessins publiés par Thuret, en 1850, à propos du *S. bulbosa*, sont encore notre document le plus précis sur les premiers stades du développement, bien qu'on n'ait pas assez remarqué la lacune qui sépare sa figure 9 des plus jeunes états représentés sur sa figure 10. Les éléments isogames décrits par Drew (1910) chez le *L. digitata* n'appartiennent vraisemblablement point à une Phéosporée. La germination des espèces étudiées par Williams (1900 et 1912), Drew (1910), Killian (1911) débuterait par une sorte de protonéma d'où s'élèveraient les plantes dressées.

J'ai mis à profit la subvention que l'Académie a bien voulu m'attribuer sur le fonds Bonaparte pour suivre l'évolution totale du *S. bulbosa* dans le golfe de Gascogne où il est accessible, lors des fortes marées, sur les rochers exposés; les plus jeunes plantules récoltées ne dépassaient pas 1^{mm}. En outre, la germination des zoospores m'a fourni des milliers de plantules: 1° en cultures cellulaires, 2° dans des cuves de verre et 3° sur les sores mêmes de la plante; les résultats concordent; le développement est direct sans intercalation d'un protonéma.

(¹) Séance du 22 mars 1915.

Tandis que les paraphyses élaborent et accumulent de la fucosane, les zoospores des sporanges mûrs renferment des gouttelettes huileuses. En octobre, j'ai vu les zoospores presque grisâtres, le point rouge et le chromatophore étant pâles et peu distincts; en février, elles étaient notablement plus colorées par un point rouge très net et un chromatophore jaune brun; elles sont parfois munies de deux points rouges et de deux noyaux, mais cela résulte de la segmentation incomplète du protoplasme et non d'une conjugaison. Leur motilité dure de quelques minutes à 1 heure; certaines germent en tube étroit (figure 9 de Thuret) peu après leur fixation; toutefois, je doute qu'elles fournissent des plantules. Les autres augmentent notablement de diamètre en restant arrondies, multiplient leur chromatophore sans diviser leur noyau, puis, quelques jours ou quelques semaines après leur fixation, émettent un tube (premier stade de la figure 10 de Thuret) dans l'extrémité duquel passe bientôt tout ou presque tout le contenu, qu'une membrane cicatricielle sépare de la partie vidée. Ensuite, la cellule vivante se dresse, s'allonge, s'élargit, se divise transversalement; de très bonne heure, souvent dès qu'elle comprend quatre cellules superposées, la plantule se différencie en un stipe grêle et une lame que des cloisonnements longitudinaux élargissent; la cellule inférieure du stipe se prolonge en un rhizoïde qui traverse la cellule vidée ou la rejette sur le côté. On reconnaît souvent, dès le jeune âge, que la division de la cellule supérieure du stipe accroît celui-ci et la lame; chacune des assises nées ainsi à la base de la lame grandit ensuite et se cloisonne transversalement et longitudinalement. Le stipe prend des cloisons longitudinales simultanées dans ses cellules superposées.

Néanmoins, dans quelques rares cultures à croissance lente et qui semblent souffrir, la germination produit parfois un filament rampant émettant une ou plusieurs branches dressées, dont le sommet devient une petite Laminaire après abandon d'une portion vidée dans laquelle s'avance un rhizoïde, comme dans le cas des germinations normales. Ce sont probablement de semblables formations que des auteurs ont comparées à un protonéma.

La lame lancéolée et monostromatique, dépourvue ou presque dépourvue de poils, devient polystromatique et pilifère d'abord sur une étroite bande médiane basilaire, semblant un début de nervure, qui progresse vers le haut et latéralement, comme Setchell (1891), Griggs (1907, 1909), Yendo (1911) l'ont vu chez d'autres Laminaires; des plantules hautes de quelques centimètres présentent parfois encore des résidus monostromatiques. La lame s'élargit, s'allonge beaucoup plus rapidement que le stipe, et se déchire en lanières de nombre variable qui s'usent par leur sommet. En devenant massif, le stipe se fixe par un épatement circulaire, puis par des haptères successifs naissant de plus en plus haut; dès que l'anneau origine du bulbe devient un bourrelet, la portion du stipe située au-dessus s'aplatit, puis s'allongera beaucoup et longtemps; au contraire, la portion fixatrice s'allongera peu, s'épaissira en cône renversé et semblera jusqu'en automne un pilier soutenant une voûte. Le bourrelet produit 10 à 12 protubérances marginales qui deviendront le premier rang d'haptères; son accroissement périphérique, en lui donnant d'abord la forme d'une ombrelle puis celle d'une cloche, entraîne les haptères vers le sol; tandis que l'accroissement périphérique se continue, un deuxième, troisième, etc. rangs d'haptères fixateurs plus nombreux naissent en arrière des premiers et s'infléchissent ainsi passivement. Vers le moment où le premier rang d'haptères atteint le support, le stipe s'élargit davantage

immédiatement au-dessus de l'ombrelle, en même temps qu'il se tord suivant un demi-tour ou un tour complet d'hélice à pas court. Le bulbe atteint alors 2^{cm} environ. D'abord circulaire, le bulbe devient ovale, son grand axe étant dans le plan du stipe aplati; après avoir atteint 15^{cm} à 30^{cm}, il cesse de grandir; les nombreuses papilles qui s'élèvent alors sur sa face supérieure ne deviennent des haptères fixateurs que si elles rencontrent un point d'appui. Des bulbes, qui étaient voisins dans leur jeunesse, se pénètrent mutuellement à l'état adulte et ont laissé croire qu'un même bulbe correspond à deux ou plusieurs stipes, ce qui n'arrive jamais.

Les individus les plus âgés atteignent toute leur taille en juillet (3^{m} environ, dans le golfe de Gascogne); les autres continuent à grandir, mais tous arrêtent leur croissance vers la fin de l'été et le stipe des plus jeunes reste court. Ne se régénérant plus par sa base, la lame se raccourcit. C'est alors que commence la fructification; toutefois, beaucoup d'individus disparaissent sans fructifier, tout au moins dans leur partie dressée.

Depuis Réaumur (1712), les auteurs font entrer dans la caractérisation du *S. bulbosa* les ailes godronnées marginales du stipe considérées depuis Sowerby (1807) comme le siège principal de la fructification (les sores apparaissent exceptionnellement sur le bulbe et sur la lame) (Reinke, 1903). Cependant, les ailes manquent à la plante du golfe de Gascogne; les sores se répandent sur la lame et moins généralement sur le stipe dont ils respectent les marges; cette curieuse variation augmente les affinités du *S. bulbosa* avec les *Phyllaria*.

A la mi-octobre, quel que soit l'âge des individus, les lanières de la lame sont courtes et largement tronquées; des stipes portant ce qui reste de la lame se détachent et sont rejetés sur le rivage, non par usure naturelle de leur base, mais parce qu'une Patelle, *Helcion pellucidum*, s'y creuse un gîte profond, au-dessus ou au-dessous de la partie tordue, en diminue la résistance et en prépare la chute. Lorsque les papilles du bulbe sont très rapprochées, comme cela est fréquent, elles le protègent contre l'*Helcion* qui manque de place pour se loger. La partie dressée des individus épargnés par l'*Helcion* se détruit progressivement de haut en bas jusqu'au bulbe. Le nombre des bulbes privés de partie dressée va en augmentant et l'on n'en trouve plus d'autres vers la fin de l'automne; eux-mêmes se détruisent peu à peu; sans être rares en mars, ils sont tous plus ou moins déchiquetés; je n'en ai plus trouvé en avril. A la fin de l'hiver, les jeunes plantes coexistent avec les vieux bulbes de la végétation précédente.

Le bulbe peut aussi porter des sores (Gardiner, 1885; Barber, 1889); leur développement commence quand la partie dressée disparaît ou a disparu; ils se répandent sur sa face externe, sur ses papilles ou sur ses haptères fixateurs et parfois aussi, plus tardivement, sur sa face interne; on en trouve jusqu'à disparition de la plante. La reproduction s'exerce donc plus longtemps par le bulbe que par la lame. Les sores du stipe ou de la lame récoltés en octobre et les sores récoltés sur des bulbes en février et en mars m'ont fourni des plantules identiques. Néanmoins, le 16 février 1915, je n'ai observé à Guéthary aucune germination distincte à l'œil nu, bien que le 12 mars 1914 les rochers fussent garnis de jeunes *Saccorhiza* de toute taille, de 1^{mm} à 40^{cm}; le 10 avril suivant, les plus jeunes plantules étaient aussi abondantes qu'un mois plus tôt. Les choses se passent donc, dans la nature, comme si les sores des bulbes suffisaient à reproduire la plante.

Les zoospores du *Phyllaria reniformis*, autre Laminaire annuelle, germent plus rapidement et plus uniformément que celles du *S. bulbosa*. Des plantules monostromatiques, puis polystromatiques, récoltées sur les rochers avoisinant le Laboratoire de Banyuls, correspondent bien à celles du *S. bulbosa* du golfe de Gascogne.

ÉLECTRICITÉ MÉDICALE. — *Recherche et localisation des projectiles magnétiques par l'électro-aimant actionné au moyen du courant alternatif.* Note (¹) de M. J. **Bergonié**, présentée par M. d'Arsonval.

Les effets d'un électro-aimant animé par du courant alternatif sont bien connus, depuis les expériences d'Elihu Thomson. Sur les conseils de M. d'Arsonval j'ai recherché, à l'Hôpital temporaire nº 4 (Grand-Lebrun) de Bordeaux, l'action de cet appareil sur les projectiles magnétiques inclus dans les tissus vivants.

Plusieurs instruments, provenant pour la plupart d'inducteurs de fortes bobines mises hors d'usage, ont été essayés. Celui qui a donné les meilleurs effets était constitué par un noyau en tôles isolées de $\frac{2}{10}$ de millimètre d'épaisseur, d'une longueur de $0^m,75$, d'un diamètre de $0^m,077$, enroulées d'une couche de fil de $\frac{20}{10}$, formant 252 spires et absorbant 23,5 ampères efficaces sur 240 volts et 50 périodes.

Si l'on déplace, devant l'extrémité de ce noyau en action, et à une distance qui peut aller au delà de 10^{cm}, un gros fragment de muscles (gigot), dans lequel on a introduit un petit éclat d'obus de moins de 5^g, on perçoit, lorsque l'éclat passe en face du noyau, un état vibratoire intense, qui se propage dans la chair à partir du corps magnétique et qui va s'éteignant lorsqu'on s'en éloigne. C'est l'expérience type.

Dans la pratique, sur le vivant, voici comment il a été procédé : la partie du corps dans laquelle on recherche un fragment magnétique (éclat d'obus ou balle allemande) est approchée, *sans contact*, du noyau actionné par le courant alternatif. Par un palper superficiel, on s'aperçoit immédiatement si la région voisine du noyau entre en vibration ou non. S'il y a vibration, il y a projectile magnétique inclus. Un projectile à plus de 10^{cm} de profondeur, de moins de 5^g, donne nettement, au palper, la sensation vibratoire.

Lorsque la preuve de l'existence du projectile est ainsi faite, même sans l'aide préalable de la radiographie, on arrive facilement à la localisation, au moins approximative. Pour cela on recherche, toujours par le palper de la partie exposée, le point de vibration maxima. C'est le point où le projec-

(¹) Séance du 29 mars 1915.

tile est le plus rapproché de la surface, celui sur lequel l'incision doit être tracée pour conduire à l'extraction la plus facile du projectile.

Si l'incision ainsi fixée ne peut convenir au point de vue chirurgical, on peut en tracer une autre au point choisi par le chirurgien, en recherchant le point où la vibration est encore très forte.

Exemples. — I. Lieutenant B., atteint de paralysie; c'est tout à fait par hasard qu'on place son bras devant le noyau de notre électro à courant alternatif. Une très forte vibration est ressentie par le blessé, aussi bien que par ceux qui palpent la région. La localisation est faite : c'est un petit fragment à 1^{cm} environ de profondeur, vis-à-vis telle marque de la peau. La radiographie, faite après, le confirme.

II. Soldat H. Balle allemande décelée par la radiographie, sous l'omoplate. Vibrations très nettes, ressenties quand on rapproche la région du noyau. On peut noter un point de vibration maxima, qui est bien celui où la balle est le plus rapprochée de la peau. Vérifié par la radiographie.

III. Sergent M. Fragment d'obus dans le mollet. Une première tentative d'extraction, après radiographie, n'a pas donné de résultat. Placé devant le noyau magnétique vibrant, on trouve que l'incision a été faite beaucoup trop externe. La localisation est on ne peut plus nette.

IV. Soldat B. Balle allemande dans le genou, décelée par la radiographie. Pas d'extraction projetée. La partie rapprochée du noyau se met à vibrer énergiquement; la localisation au niveau du condyle externe du fémur se fait très facilement par le point de vibration maxima.

V. Commandant G. Fragment d'obus sous l'omoplate droite, décelé par la radiographie. Perception de vibrations très fortes de la région par le blessé et par les médecins présents. Incision faite au point optimum; pendant l'opération, le Dr Maubrac va à la recherche du projectile, avec l'aide du noyau vibrant, convenablement protégé par des serviettes aseptiques; il est conduit directement sur lui, sans hésitation; l'extraction est simple. On a l'impression qu'elle eût été beaucoup plus difficile, eût peut-être même échoué, sans ce guide.

VI. Soldat marocain S. B. Petit fragment d'obus de $2^{g},7$ dans un bras phlegmoneux; énorme œdème. Le chirurgien, Dr E. Monod, a décidé d'inciser, mais non de rechercher le fragment, trop profond et trop difficile à extraire par la méthode ordinaire. Après l'acte chirurgical nécessaire, on essaie tout de même le noyau vibrant, pour retrouver et repérer le petit fragment; après plusieurs tentatives, la vibration induite, quoique faible, étant données la grande profondeur et la petite masse du projectile, conduit cependant le doigt du chirurgien sur le métal en vibration. L'extraction est immédiate.

En résumé et pratiquement :

1° *L'inducteur d'une forte bobine hors d'usage, animé par du courant alternatif, ou même du courant continu ayant traversé un interrupteur pour*

rayons X, ou branché sur une phase de courant triphasé, peut servir, par les vibrations provoquées dans les parties voisines, à déceler et localiser un projectile magnétique, inclus dans les tissus vivants;

2° *Le chirurgien peut se renseigner lui-même, par la perception sous le doigt, des vibrations induites et être guidé ainsi, avant et pendant l'acte opératoire, sur le projectile à extraire.*

RADIOGRAPHIE. — *De l'emploi du tube Coolidge dans les applications médico-chirurgicales des rayons X.* Note [1] de MM. **Belot** et **Maxime Ménard**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que les résultats de la radioscopie, de la radiographie et de la radiothérapie dépendent d'une série de facteurs dont l'un des plus importants est le fonctionnement du tube producteur des rayons X. Nous croyons être les premiers en France à avoir recherché quels sont les avantages que peut donner à la radiologie médico-chirurgicale l'utilisation du tube inventé, en Amérique, par Coolidge. Nous dirons dès maintenant qu'il réalise un très grand perfectionnement sur les tubes actuellement en usage.

Le tube Coolidge est basé sur un principe nouveau et fonctionne par *décharge d'électrons indépendants.*

On sait que les corps incandescents émettent des électrons selon une fonction bien déterminée de la température (loi de Richardson : $i = a\sqrt{T}\,e^{\frac{b}{T}}$ dans laquelle T est la température absolue, e la base des logarithmes népériens, a une constante indiquant la concentration des électrons sur le corps incandescent, b le travail nécessaire pour produire des électrons à la surface du métal). A l'inverse des tubes actuels, il ne semble pas y avoir d'ions à l'intérieur de ce tube, par suite du vide presque absolu. Pour obtenir cette décharge d'électrons, il suffit de porter à l'incandescence la cathode d'un tube complètement vidé, et l'on voit l'espace qui sépare les électrodes devenir conducteur. La cathode est formée d'un filament métallique chauffé par un courant électrique auxiliaire et le tube est relié à la source de haute tension, suivant le mode ordinaire. Le passage du courant s'effectue ainsi, grâce à une production d'électrons, indépendants du courant principal.

Ce tube, réalisé en France par M. Pilon, est d'un emploi facile dans les diverses applications médico-chirurgicales des rayons X. Il se compose d'une

[1] Séance du 29 mars 1915.

ampoule semblable, dans les grandes lignes, à celles qu'on utilise actuellement. L'anode est faite d'un gros bloc de tungstène pesant environ 100^g et présentant un grand diamètre. Elle est supportée par une tige de molybdène ou d'un métal peu fusible, soutenue de façon à ne pas fléchir par le poids; cette tige aura aussi pour but de disperser, dans la mesure du possible, la chaleur dégagée. Dans certains dispositifs, on a prévu une soufflerie

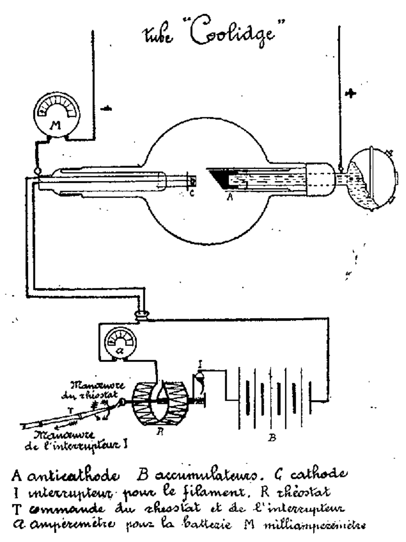


Fig. 1.

pour le refroidissement du système. Le tube est monoanodique : l'anode fait office d'anticathode.

La cathode est une spirale plate ou de forme variable, faite d'un fil de tungstène; elle est supportée par deux tiges en molybdène. Cette spirale est reliée à une batterie d'accumulateurs B soigneusement isolée, car elle sera portée au potentiel cathodique. Une résistance R, également isolée, permet de faire varier l'intensité du courant qui traversera la spirale du tungstène et par conséquent de modifier à volonté sa température, pour lui permettre de libérer plus ou moins d'électrons.

Entourant la spirale se trouve un cylindre en molybdène relié au pôle négatif de la source de haut potentiel (bobine, contact tournant, etc.). Ce cylindre, dont la forme et les dimensions varient sur les modèles essayés, sert à diriger le faisceau cathodique sur l'anticathode, en un point d'impact plus ou moins étendu.

La spirale fournit des électrons proportionnellement au degré de tempé-

rature auquel la porte le courant de la batterie d'accumulateurs B. Le courant de haute tension qui, venant de l'anode A, passe par le cylindre de molybdène M, sert de vecteur aux électrons dégagés; ils sont donc dirigés sur l'anticathode (faisant fonction d'anode) et donnent naissance, en la rencontrant, aux rayons de Röntgen.

Pour mettre le tube en marche, on ferme le courant de la batterie d'accumulateurs sur la spirale de tungstène; on l'amène au degré d'échauffement nécessaire pour produire la décharge voulue d'électrons. Dès que la

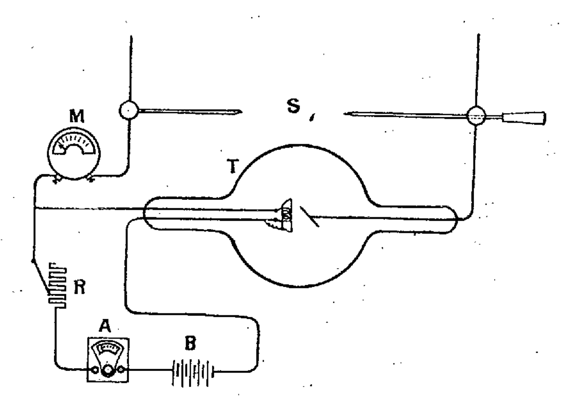


Fig. 2. — Installation schématique du tube Coolidge.
T, tube. — S, spintermètre. — M, milliampèremètre sur la haute tension.
R, résistance du circuit de chauffage. — A, ampèremètre. — B, accumulateurs.

spirale est chaude, on fait passer le courant de haut potentiel en fermant l'interrupteur I.

Le fonctionnement de ce tube a été heureusement modifié par M. Pilon qui est parvenu à obtenir le refroidissement de l'anticathode par les moyens habituellement en usage pour les tubes actuels (*fig.* 2).

Les principales caractéristiques du fonctionnement de ce tube sont les suivantes :

1° Lorsque la spirale n'est pas chauffée, aucun courant ne passe dans le tube, quelle que soit la différence de potentiel appliquée (100000 volts et plus);

2° Le courant ne passe dans le tube que dans une seule direction;

3° Le pouvoir de pénétration des rayons X est seulement déterminé par le voltage aux bornes du tube;

4° Une fois réglé, le fonctionnement du tube est toujours le même;

5° Pendant la marche, on ne constate pas de fluorescence du verre;

6° Le faisceau des rayons X est homogène;

7° Le point d'impact sur la cathode est absolument fixe.

Les résultats obtenus par nous au point de vue de la radiographie, de la radioscopie et de la radiothérapie sont des plus encourageants et nous démontrent la supériorité du tube Coolidge sur les tubes actuels.

Les radiographies du bassin, du genou et du thorax obtenues avec ce tube permettent de se rendre compte des progrès réalisés grâce au tube Coolidge.

En résumé, la régularité du tube dans son fonctionnement, la longue durée de cette régularité (1 heure 20 minutes, 4 milli, 45 000 volts), la possibilité de régler la marche du tube sans modifier son état de vide, la fixité du point d'impact sur la cathode, l'homogénéité du faisceau des rayons X sont toujours obtenues avec le tube Coolidge. C'est donc là un très grand progrès apporté dans la construction des tubes à rayons X, progrès encore plus sensible pour le traitement des malades par les rayons X et pour l'étude des effets biochimiques de ces mêmes rayons.

CHIRURGIE. — *Table des coefficients d'agrandissement des images radiographiques utilisable pour la localisation des projectiles dans les tissus.* Note (¹) de MM. **Miramond de Laroquette** et **Gaston Lemaire**, présentée par M. A. Laveran.

Cette Table est un complément au procédé de localisation radiographique antérieurement présenté (²) par l'un de nous, et qui est actuellement utilisé dans des centres hospitaliers de l'armée; elle permet de gagner du temps en supprimant au besoin le graphique, ou bien sert de contrôle et fait, avant l'intervention, la preuve mathématique de la localisation.

Elle peut également servir de contrôle pour tous les autres procédés radiographiques ou radioscopiques récemment décrits.

Sa construction et son emploi sont basés sur les considérations suivantes (³) : sous une ampoule à rayons X comme sous un foyer lumineux les objets opaques donnent des images, c'est-à-dire des ombres plus ou moins agrandies et déviées. L'agrandissement de l'image relativement

---

(¹) Séance du 15 mars 1915.

(²) Miramond de Laroquette, *Nouveau procédé radiographique de découverte des corps étrangers* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 238).

(³) Miramond de Laroquette, *Agrandissement et déviation des images radiographiques* (*Bull. Soc. franç. de Phys.*, janvier 1914).

à l'objet est la différence de dimensions entre la projection verticale virtuelle de l'objet et l'image réelle projetée sur la plaque. La déviation est l'écart de situation entre l'image et la projection verticale.

Agrandissement et déviation sont des faits de même ordre dus à l'obliquité des rayons. L'agrandissement doit être envisagé pour des diamètres horizontaux et la déviation pour des points déterminés et homologues de l'image et de l'objet. Soit (*fig.* 1) un objet rectiligne horizontal OO′ égal

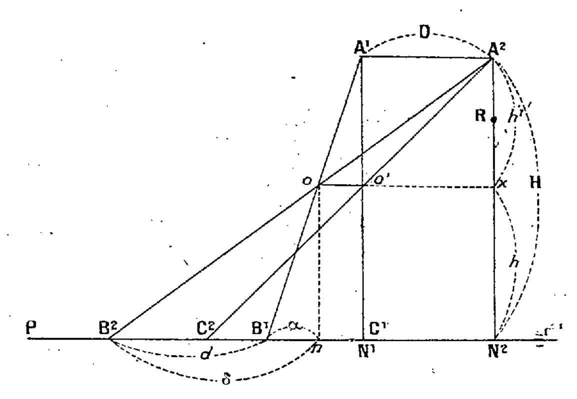


Fig. 1. — A, ampoule; PP′, plaque ou écran; OO′, objet; R, repère.

à 1^{cm} et pris pour unité dans la construction de la Table; OO′ est à une hauteur h au-dessus de la plaque ou de l'écran PP′ sous l'ampoule A.

L'*agrandissement* α de l'image B^1C^1 de l'objet OO′ sous A^1

$$(B^1C^1 = OO' + \alpha)$$

dépend des hauteurs H *de l'ampoule et h de l'objet* $\frac{B^1C^1}{OO'} = \frac{H}{h}$, ce qui peut s'écrire

$$\frac{OO' + \alpha}{OO'} = \frac{h' + h}{h'}$$

et, si $OO' = 1$, $\alpha = \frac{h}{h'}$.

Pour des hauteurs données de l'ampoule et de l'objet, α reste constant quelle que soit la distance de l'objet au rayon normal.

Déplaçons l'ampoule de A^1 à A^2. La normale A^1N^1 vient en A^2N^2 et l'image B^1C^1 en B^2C^2. On a

$$\frac{B^1C^1}{OO'} = \frac{H}{h'}, \qquad \frac{B^2C^2}{OO'} = \frac{H}{h'},$$

d'où

$$B^1C^1 = B^2C^2.$$

La déviation δ est égale au produit du coefficient d'agrandissement α par la distance en centimètres de l'objet à la normale. Soit OO' sous A^1, le point O' sur la normale A^1N^1 et le point O à 1^{cm}; C^1 image de O' est projetée normalement, B^1 image de O est déviée d'une longueur α. L'image B^1C^1 n'est pas déviée mais agrandie; $\delta = \alpha$. L'agrandissement α n'est autre que la déviation δ de B^1 par rapport à O. Déplaçons l'ampoule de A^1 à A^2. B^1 vient en B^2 et C^1 en C^2. La déviation de l'image est apparente, et l'on a $B^2N^2 = OX + \delta = OX(1 + \alpha)$; d'où $\delta = OX.\alpha$.

Ces données permettent les déductions suivantes :

Connaissant la hauteur H de l'ampoule, son déplacement D de A^1 à A^2 et le déplacement inverse d de l'image de B^1 à B^2, on obtient la hauteur h de l'objet soit par un graphique, soit par la formule $h = H \times \frac{d}{D + d}$.

Inversement, on obtient α quand on connaît H, h et D,

$$\alpha = \frac{D \times h}{H - h},$$

et δ, et par conséquent OX, quand on connaît H, h' et la distance B^2N^2 de l'image à la normale,

$$\frac{OX}{B^2N^2} = \frac{h'}{H}, \qquad OX = \frac{B^2N^2 \times h'}{H}.$$

Ces mêmes données sont immédiatement fournies par la Table qui donne en millimètres l'agrandissement α de chaque centimètre de profil horizontal de l'objet pour les hauteurs d'ampoules les plus usuelles.

Pour un objet de dimensions connues et horizontalement placé comme notre repère gradué en centimètres, l'agrandissement de l'image mesuré sur le cliché donne aussitôt la hauteur de l'objet. Inversement, la hauteur de l'objet étant connue, la Table permet de déduire les dimensions de son profil horizontal.

Pour un objet de dimensions non connues, comme habituellement les corps étrangers, la hauteur est obtenue avec la Table par le déplacement horizontal de l'ampoule. Un déplacement D de 10^{cm} donne un écart d des deux images égal au coefficient α multiplié par 10; d, mesuré en centimètres sur le cliché, correspond à α exprimé en millimètres sur la Table, et l'on trouve dans la colonne de gauche la hauteur de l'objet.

Cette hauteur h étant connue, la lecture de α sur la Table permet de corriger la déviation δ de l'image. Soit, sous A^2, le repère R sur le trajet de la normale A^2N^2 et l'objet O à une certaine distance OX de cette normale. R se projette normalement en N^2 tandis que B^2, image de O, est déviée

d'une longueur δ ou $B^2 n$ qui, pour la découverte chirurgicale, doit être exactement déduite.

Il suffit pour cela de mesurer sur le cliché $B^2 N^2$ et de la diviser par le quotient $(1+\alpha)$; en effet

$$B^2 N^2 = OX + \delta, \qquad \delta = OX.\alpha, \qquad OX = \frac{B^2 N^2}{1+\alpha}.$$

La Table permet donc de déterminer presque instantanément la distance de l'objet à la plaque ou à l'écran, ses dimensions horizontales et sa situation relativement au repère placé sur la peau; elle donne aussi des indications utiles sur la distance où il convient de placer l'ampoule dans les différents cas.

Table donnant en millimètres l'agrandissement a de chaque centimètre de profil horizontal de l'objet : $\alpha = \frac{h}{h'}$, $\delta = OX.\alpha$.

Distance de l'objet à la plaque ou à l'écran.	Coefficients d'agrandissement des images pour les distances les plus usuelles de l'ampoule à la plaque ou à l'écran.				Distance de l'objet à la plaque ou à l'écran.	Coefficients d'agrandissement des images pour les distances les plus usuelles de l'ampoule à la plaque ou à l'écran.			
	40cm.	50cm.	60cm.	70cm.		40cm.	50cm.	60cm.	70cm.
cm					cm				
1......	0,25	0,2	0,17	0,14	16......	6,4	4,7	3,6	2,9
2......	0,5	0,4	0,34	0,28	17......	7,3	5,1	3,9	3,2
3......	0,8	0,6	0,5	0,44	18......	8,1	5,6	4,3	3,5
4......	1,1	0,8	0,7	0,6	19......	9	5,9	4,6	3,7
5......	1,4	1,1	0,9	0,7	20......	10	6,6	5	4
6......	1,7	1,3	1,1	0,9	21......	11	7,2	5,3	4,3
7......	2,1	1,6	1,3	1,1	22......	12,2	7,8	5,7	4,6
8......	2,5	1,9	1,5	1,26	23......	13,5	8,5	6,2	4,9
9......	2,9	2,2	1,7	1,4	24......	15	9,2	6,6	5,2
10......	3,3	2,5	1,9	1,6	25......	16,6	10	7,1	5,5
11......	3,8	2,8	2,2	1,8	26......	18,5	10,8	7,6	5,9
12......	4,3	3,1	2,5	2,2	27......	20,7	11,7	8,1	6,3
13......	4,8	3,4	2,75	2,3	28......	23,3	12,6	8,7	6,6
14......	5,4	3,9	3	2,5	29......	26,3	13,8	9,3	7
15......	6	4,3	3,3	2,7	30......	30	15	10	7,5

CHIRURGIE. — *De la chondrectomie dans certaines dilatations irréductibles du cœur droit.* Note (¹) de MM. **Pierre Delbet** et **H. Vaquez**, présentée par M. L. Landouzy.

Dans une précédente Communication (²), l'un de nous a cherché à établir que :

(¹) Séance du 29 mars 1915.

(²) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 402.

1° La symphyse intra-péricardique pure trouble peu le fonctionnement du cœur;

2° Les symptômes, attribués à la symphyse intra-péricardique, dus en réalité à la symphyse extra-péricardique, peuvent exister alors que la séreuse est libre, voire même distendue par un épanchement;

3° Sans adhérences intra ou extra-péricardiques, l'oblitération des culs-de-sac pleuraux antérieurs, la sclérose des languettes pulmonaires peuvent entraîner la dilatation du cœur droit.

C'est sur ce dernier fait et sur sa thérapeutique chirurgicale que nous voulons revenir.

A l'état normal, les poumons servent au cœur de coussinet gazeux et liquide. Chaque fois qu'en se contractant le cœur diminue de volume, l'air et le sang sont attirés dans les parties du poumon qui entourent immédiatement le péricarde et viennent combler l'espace laissé libre par la réduction du cœur.

Dans le mécanisme de ce coussinet aéro-liquide, les languettes antérieures, précardiaques du poumon, jouent un rôle capital. Grâce à elles, le cœur reste indépendant de la paroi thoracique; mais *il en devient solidaire dès que ces languettes perdent de leur souplesse.*

Le vide qui tend à se produire, quand le volume du cœur diminue sous l'influence de la systole, n'est plus aussi facilement comblé. Puisqu'il ne peut exister de vide réel dans la cage thoracique, le cœur devient solidaire de la paroi. Sans qu'il y ait d'adhérences, il est retenu à son contact comme il le serait par une ventouse. Il est obligé, pour se contracter, de triompher d'une résistance nouvelle, anormale, qui devient considérable pendant l'inspiration. Dès lors, plus ou moins, tôt ou tard, suivant la valeur de sa musculature, le cœur se laisse dilater.

Les causes qui peuvent produire cette sorte de symphyse fonctionnelle sont nombreuses. La sclérose des languettes pulmonaires antérieures est, ainsi que l'un de nous l'a montré, presque la règle à partir de 45 ans. Dans certains cas pathologiques, elle est beaucoup plus précoce et plus grave.

Il nous paraît probable que les pleurésies les suppriment. Quand le poumon s'est rétracté sous l'influence d'un épanchement pleural, il y a bien peu de chances pour que son bord antérieur atteigne jamais le fond du cul-de-sac pleural. Celui-ci reste comblé par des adhérences, et il se peut que le cœur devienne alors assez solidaire de la paroi pour que son fonctionnement soit troublé.

Les pleurésies droites sont, sans doute à ce point de vue, plus néfastes que les gauches. La languette pulmonaire antérieure droite est plus épaisse

que la gauche, mais l'oreillette droite peu résistante se laisse facilement dilater.

Le mécanisme de ces dilatations, d'origine extra-cardiaque, permettait d'espérer que la chondrectomie pourrait en atténuer considérablement les troubles fonctionnels. Le cas que nous présentons à l'Académie prouve qu'il en est bien ainsi.

Il s'agissait d'un malade, journalier, âgé de 34 ans, qui avait eu en 1903, en 1911, en 1912 et 1913, des pleurésies doubles, surtout marquées à droite.

En 1914, à la suite d'injections intra-pleurales d'azote, l'épanchement pleural avait disparu, mais le malade présentait tous les signes de l'insuffisance cardiaque droite : cyanose très prononcée, dyspnée permanente, œdème des membres inférieurs, distension des jugulaires, pouls petit, rapide, de type paradoxal, foie débordant les fausses côtes d'un travers de main. Le cœur était très notablement augmenté de volume dans le sens transversal.

C'est dans ces conditions que nous pratiquâmes la chondrectomie le 8 mai 1914. Résection des troisième, quatrième et cinquième cartilages droits avec l'extrémité de la côte correspondante; l'étendue réséquée est, pour chaque côte, de 6 centimètres.

Sans insister sur les résultats immédiats, nous mentionnerons les résultats éloignés de notre intervention.

Dix mois après l'opération, le tableau clinique est complètement transformé. Le malade fait 18 respirations par minute et n'éprouve pas de gêne notable, même après de longues marches. Le diamètre transversal du cœur est notablement réduit. Il n'y a plus trace d'œdème des membres inférieurs. Le pouls bat à 88 et ne présente plus le type paradoxal. Les veines jugulaires sont à peine saillantes. Le foie ne déborde plus les fausses côtes que de deux travers de doigt. Le reflux hépato-jugulaire, très perceptible avant l'opération, ne se retrouve plus qu'à grand'peine. L'examen de la poitrine révèle, aux bases, une submatité persistante, mais le murmure vésiculaire normal s'entend jusqu'à la partie inférieure des poumons.

La transformation du malade est telle qu'il a pu recommencer à travailler.

L'heureux effet de la chondrectomie dans certaines dilatations irréductibles du cœur droit n'est donc pas discutable.

Pareil allégement du cœur, par assouplissement de la paroi thoracique, pourrait-il être utile dans certains cas de dilatation cardiaque accompagnée de lésions valvulaires? Cela nous paraît probable.

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 AVRIL 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En adressant l'*Extrait de la Connaissance des Temps* pour 1916, M. **E. Guyou** envoie la Note suivante :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, au nom du Bureau des Longitudes, l'*Extrait de la Connaissance des Temps* à l'usage des marins pour l'année 1916. Au moment où, par suite de l'adhésion de la France, l'unification des origines des longitudes et du jour moyen va devenir un fait accompli et où, par suite, les marins de toutes nationalités pourront utiliser les mêmes Éphémérides astronomiques, cette publication mérite une mention spéciale; elle est en effet la première de son espèce et aujourd'hui même elle est encore la seule ayant un caractère officiel qui ait été établie exclusivement pour les besoins de la navigation.

Pendant longtemps, nos marins durent emprunter à la *Connaissance des Temps* elle-même les données astronomiques nécessaires à leurs problèmes. Cet Ouvrage étant destiné à la fois aux astronomes, aux géographes et aux marins, il n'était pas possible d'y tenir compte des besoins spéciaux de ses différentes catégories de clients; il ne donnait guère que les éléments essentiels, c'est-à-dire les coordonnées des astres (1), laissant à chacun le soin de les transformer pour les approprier à des besoins.

Mais si l'on peut, sans grand inconvénient, imposer quelques calculs supplémentaires à des hommes de science comme les astronomes et les

(1) Une exception cependant était faite en faveur des marins, l'Ouvrage donnait les distances lunaires calculées d'avance pour faciliter la détermination des longitudes en mer.

géographes, il n'en est plus de même quand il s'agit de professionnels pour lesquels les calculs constituent des travaux accidentels en quelque sorte et très différents de leurs occupations usuelles. Pour ceux-ci, en effet, les chances d'erreurs sont plus nombreuses; en général aussi les risques consécutifs sont plus graves. Il y a donc avantage à livrer aux praticiens les données dont ils ont besoin sous une forme telle que leur intervention soit réduite au minimum. Les simplifications des calculs nautiques sont particulièrement précieuses encore pour une autre raison non moins importante, elles rendent accessibles aux patrons des petits navires les connaissances indispensables à la sécurité de la navigation [1].

Ce n'est cependant que vers la fin du siècle dernier que l'attention du Bureau des Longitudes fut attirée pour la première fois sur ces considérations. En 1884, un travail émanant de l'École Navale et transmis par le Ministre de la Marine signala les différences notables existant entre les besoins des astronomes et ceux des marins, puis, invoquant l'importance relative de la clientèle maritime de la *Connaissance des Temps*, demanda le dédoublement de cette publication. Le Bureau des Longitudes, tenant compte des désirs des marins, apporta quelques modifications aux Éphémérides, mais ce n'est qu'en 1887, après un nouvel examen provoqué par une nouvelle démarche du Département de la Marine, qu'il résolut de publier dans un fascicule à part, sous le titre d'*Extrait de la Connaissance des Temps*, les Éphémérides nécessaires à la Navigation.

Depuis sa création, l'*Extrait* a subi de nombreux perfectionnements, notamment dans les fascicules pour 1912 et pour 1916. On s'est efforcé d'en présenter les données sous la forme la mieux appropriée aux besoins de la navigation; rien n'a été négligé de ce qui pouvait abréger ou simplifier les calculs nautiques. Les différences principales entre *l'Extrait* et la *Connaissance des Temps* sont les suivantes :

1° Les ascensions droites des astres n'interviennent dans les calculs de Navigation que pour passer du temps moyen à l'angle horaire et réci-

---

(1) Pour les marins, le *desideratum* par excellence consisterait en une table donnant, à vue, en fonction des données immédiates de l'observation et des Éphémérides astronomiques, les éléments du tracé d'un lieu géométrique. Dans l'impossibilité de réaliser ce *desideratum*, on doit chercher à s'en rapprocher autant que possible, en réduisant au minimum les transformations à faire subir d'abord aux données avant d'entrer dans la table, puis aux résultats de la table pour obtenir les éléments du tracé.

proquement. Ces deux conversions s'effectuent respectivement par l'addition des deux différences.

Ascension droite du Soleil moyen — Ascension droite de l'astre,

Ascension droite de l'astre — Ascension droite du Soleil moyen.

Depuis très longtemps, pour le Soleil, la *Connaissance des Temps* donnait la première différence en fonction du temps moyen, de manière que la première conversion s'effectuait, pour cet astre, par une entrée de table, et une addition, tandis que, pour la Lune et les planètes, il fallait chercher les deux termes de la différence; le travail était doublé. L'*Extrait* fournit désormais la même donnée pour le Soleil, la Lune et les planètes. Le calculateur y trouve deux avantages : la simplification de son travail et l'unité de méthode pour des problèmes qui sont en fait identiques.

La seconde différence est donnée depuis longtemps sous le titre : *Temps moyen du passage au méridien*, qui rappelle l'usage qu'en font les astronomes. Pour éviter l'introduction d'un nouveau terme, l'*Extrait* a conservé cette donnée sous le même titre, bien qu'il n'ait qu'un rapport assez lointain avec l'usage plus général qu'en font les marins (passer de l'angle horaire au temps moyen).

2° La précision des données a été réduite strictement aux limites utilisables dans la navigation courante. Les données équatoriales, exprimées en heures, sont limitées à la seconde ronde, les déclinaisons sont exprimées au dixième de minute de degré. Grâce à cette simplification, toutes les complications inhérentes aux nombres complexes sont évitées; les interpolations sont considérablement simplifiées; on a même pu créer des tables d'interpolation donnant les parties proportionnelles pour les Éphémérides de tous les astres.

3° On a inséré dans l'*Extrait* toutes les tables auxiliaires de navigation familières aux marins (¹), de manière que le calculateur soit dispensé de recourir à des tables de logarithmes spéciales.

Avec une table quelconque à cinq décimales, dont l'argument est en degrés seulement, le calculateur muni de l'*Extrait* peut effectuer tous les calculs de navigation.

4° Enfin l'*Extrait* contient une carte du Ciel pour faciliter les obser-

---

(¹) Corrections des hauteurs; conversion des degrés en heures et réciproquement; azimuts et angles horaires aux levers et couchers; latitude par la Polaire; Table de point.

vations du crépuscule et de l'aurore dont l'emploi tend à se généraliser de plus en plus.

Dans le fascicule pour 1916, pour la première fois, le temps moyen des prédictions et les longitudes géographiques sont rapportés au méridien de Greenwich.

AGRONOMIE. — *Études sur la formation des limons et leur charriage par les cours d'eau dans les Alpes et les Pyrénées.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé.**

Dans une précédente Note (¹), nous avons exposé les premiers résultats des recherches que nous avons entreprises, à la demande de l'Administration des Améliorations agricoles du Ministère de l'Agriculture, sur les matériaux charriés par les cours d'eau des Alpes et des Pyrénées. Nous avions organisé 25 stations sur les principaux d'entre eux et nous possédons maintenant les résultats des observations poursuivies sans interruption pendant deux années consécutives. Ils confirment la conclusion qu'il ne faut entreprendre qu'avec une extrême prudence, sur certains cours d'eau des Alpes, la construction de barrages réservoirs, dont un envasement très rapide est à craindre.

Ces études, exécutées surtout pour déterminer le charriage des matériaux en vue de l'ensablement, ont en même temps apporté une contribution, au point de vue de la Géographie physique, au problème de l'érosion et de la dénudation des continents. Nous avons, en outre, déterminé la composition physique des matières en suspension et étudié comment ces limons se déposent quand le courant d'eau qui les entraîne vient à se ralentir. Nous avons enfin déterminé les propriétés des sols qu'ils forment, soit par alluvionnement naturel, soit par colmatage artificiel et comment ils modifient les terres arables sur lesquelles ils se déposent par le fait de l'irrigation.

Nous avons constaté d'abord que les quantités de matériaux, solubles ou en suspension, enlevés aux montagnes par les eaux courantes, sont extrêmement variables suivant la constitution géologique des terrains d'où ils proviennent. En général, les formations anciennes, où dominent

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 848.

les roches offrent une grande résistance aux agents atmosphériques, abandonnent peu de limons aux cours d'eau, tandis que les formations récentes, où abondent les roches friables et affouillables, donnent prise à l'érosion. Aussi les eaux des Pyrénées sont-elles beaucoup moins limoneuses que celles des Alpes; mais, dans ces dernières, existe un noyau ancien, formé par les massifs du mont Blanc, de la Vanoise et du Pelvoux. Les rivières qui s'y alimentent (Arve, Haute-Isère, Haute-Durance) ont des eaux relativement claires. Le reste du massif, secondaire ou tertiaire, donne naissance à des rivières souvent très limoneuses, qui, pour la plupart, vont grossir l'Isère et la Durance.

Si nous nous en tenons aux rivières les plus importantes, nous avons obtenu les résultats suivants :

			Matières			
			en suspension		en solution	
		Débit moyen en mètres cubes par seconde.	Moyenne par mètre cube.	charriées annuellement en tonnes.	Moyenne par mètre cube.	charriées annuellement en tonnes.
			kg		kg	
Isère à Moutiers	1911-1912	32,4	0,180	184	0,504	515
» »	1912-1913	32,8	0,064	66		
Isère à Montmélian (1)..	1911-1912	160,8	7,630	38800	0,497	2520
» » ..	1912-1913	180,8	6,987	39800		
Isère à Grenoble (2)....	1912-1913	199,1	3,173	19900	0,345	2170
Durance à Embrun.....	1911-1912	80,3	0,347	881	0,348	880
Durance à Sisteron.....	1911-1912	154,3	1,493	7300	0,325	1580
» »	1912-1913	129,6	1,351	5550		
Durance à Mirabeau....	1911-1912	244,6	0,983	7600	0,338	2610
» »	1912-1913	262,4	2,296	19000		
Garonne à Saint-Béat...	1911-1912	22,8	0,045	32	0,137	98,5
Garonne à Toulouse....	1911-1912	147,8	0,074	345	0,155	720
» »	1912-1913	188,3	1,203	7150 (3)		

Chaque période annuelle part du mois de juillet, sauf pour l'Isère à Grenoble, où elle part du mois de mars.

On voit que si les quantités de matières solubles entraînées par les cours d'eau atteignent des chiffres élevés, celles des limons sont souvent incomparablement plus grandes. Encore n'avons-nous pas compris dans les

(1) En aval du confluent de l'Arc.

(2) En amont du confluent du Drac.

(3) Chiffre élevé par suite de crues importantes en novembre 1912 et mai 1913.

chiffres qui précèdent les galets et les sables qui sont roulés sur le fond du lit des rivières.

Les matières en solution sont définitivement enlevées au continent et elles sont intégralement transportées à la mer. Quant aux matières en suspension qui n'y sont maintenues que par la vitesse du courant, elles se déposent partiellement dès que cette vitesse vient à se ralentir, formant des dépôts sableux dans le lit même de la rivière, ou des alluvions si, à la suite d'une crue, les eaux débordent. Nous voyons, par exemple, qu'à Grenoble, l'Isère ne charrie plus que 20 millions de tonnes de limons sur les 40 millions qui passent à Montmélian, à 55^{km} en amont. Les eaux ont donc abandonné, en cours de route, une partie notable des matériaux qu'elles tenaient en suspension.

Les dimensions des particules ainsi transportées sont extrêmement variables. Elles sont d'autant plus grossières que le courant est plus rapide. L'eau oppose à la chute de ces particules une résistance qui augmente avec leur finesse; au sein de l'eau en repos, elles finissent par tomber d'un mouvement uniforme d'autant plus lent qu'elles sont plus fines. Si l'eau est elle-même animée d'une vitesse ayant une composante ascendante, les particules dont la vitesse de chute est inférieure à cette composante sont maintenues en suspension; les autres, plus grossières, se déposent.

Il se fait donc, dans le lit même de la rivière, au fur et à mesure que la pente et la vitesse du courant diminuent, une sédimentation méthodique des limons; les parties les plus grossières se déposent progressivement et, en fin de compte, les limons les plus ténus sont sélectionnés et entraînés.

Au laboratoire, on réalise méthodiquement la séparation de ces diverses catégories de particules, au moyen des appareils d'analyse mécanique des sols par lévigation.

L'emploi de l'appareil de M. Kopecky, combiné avec la méthode de dosage de l'argile de M. Schlœsing, permet de séparer dans les limons les catégories suivantes :

Désignation.		Dimension en millimètres.	Vitesse de chute en millimètres par seconde.
Gravier		$D > 1{,}00$	$V > 7$ (Gravier et Sables)
Sables	grossier	$1{,}00 > D > 0{,}50$	
	moyen	$0{,}50 > D > 0{,}25$	
	fin	$0{,}25 > D > 0{,}10$	
Limons	sableux	$0{,}10 > D > 0{,}05$	$7 > V > 2$
	fin	$0{,}05 > D > 0{,}01$	$2 > V > 0{,}2$
	très fin	$D < 0{,}01$	$V < 0{,}2$ (très fin et Argile)
Argile		impalpable	

Cette méthode de séparation nous a montré que la constitution physique des limons est en rapport avec la vitesse du courant qui les charrie. Ils sont, par suite, plus grossiers au moment des crues et, en général, de plus en plus ténus à mesure qu'on descend de la montagne vers la plaine.

Reprenons l'exemple de l'Isère. Cette rivière reçoit la plus grande partie de l'énorme quantité de limons qu'elle charie, de son tributaire l'Arc, dont certains affluents tels que l'Arvan, le Glandon sont, au moment des crues, de véritables torrents de boue. L'analyse mécanique des limons a donné :

		Sable			Limon			
	Gravier.	grossier.	moyen.	fin.	sableux.	fin.	très fin.	Argile.
Glandon	16,4	22,2	17,8	7,7	9,4	15,2	9,9	1,4
Haute-Isère (Montmélian).	»	0,8	23,2	23,0	31,4	17,1	2,1	2,4
Basse-Isère (Grenoble)	»	0,3	4,2	3,9	16,7	40,6	30,3	4,0

On voit, avec une grande netteté, qu'à mesure qu'on descend vers la plaine, les limons se sélectionnent en devenant de plus en plus fins et de plus en plus homogènes.

On observe les mêmes faits sur la Durance :

		Sable			Limon			
	Gravier.	grossier.	moyen.	fin.	sableux.	fin.	très fin.	Argile.
Haute-Durance (Embrun).	»	0,4	7,3	6,4	19,3	40,4	21,7	4,5
Basse-Durance (Sisteron).	»	»	0,1	»	0,7	13,6	64,8	20,8

Nous voyons aussi que les limons de la Durance sont beaucoup plus fins que ceux de l'Isère. Pourtant, à Mirabeau, elle charrie souvent des limons moins ténus, parce qu'elle reçoit, en aval de Sisteron, des affluents tels que le Verdon, qui lui apportent de grandes quantités de matériaux plus grossiers. Il en résulte des variations dans la composition des limons, suivant qu'ils sont fournis par la crue de tel ou tel affluent. Nous avons, par exemple, observé les chiffres suivants :

		Sable			Limon			
	Gravier.	grossier.	moyen.	fin.	sableux.	fin.	très fin.	Argile.
Crue du 2 juin 1912	»	»	3,5	7,0	40,5	30,5	14,0	4,5
Crue du 28 octobre 1912	»	0,1	0,2	0,1	0,8	0,7	76,9	21,2

Les canaux d'irrigation doivent faire parcourir aux eaux qu'ils empruntent aux rivières de longues têtes mortes avant de les répartir sur le périmètre qu'ils arrosent.

On peut observer dans leur lit une sédimentation des sables beaucoup plus méthodique encore que dans les rivières, parce que leur pente a été calculée de façon à diminuer graduellement et que leur débit étant uniforme, les sables une fois déposés ne sont pas repris par les crues, comme il arrive dans les rivières.

Prenons pour exemple le canal de Carpentras, qui s'alimente dans la Durance au-dessous de Mirabeau. Le Tableau suivant donne la composition des sables qui se déposent successivement dans son lit, ainsi que celle du limon qui reste en suspension :

Points de la prise :	Vitesse de l'eau en mètre par seconde.	Sable grossier.	Sable moyen.	Sable fin.	Limon sableux.	Limon fin.	Limon très fin.	Argile.
Dépôt. Lit même de la Durance...	»	1,1	39,4	38,4	14,0	3,0	1,6	2,5
» Canal à 500^{m} de la prise...	1,53	0,1	26,0	48,4	17,3	4,3	1,0	2,9
» » 23^{km} » ...	0,72	»	0,7	26,8	53,5	13,1	2,8	3,1
» » 50^{km} » ...	0,56	0,3	2,5	7,4	16,6	36,2	28,7	8,3
» » 91^{km} » ...	0,42	0,3	0,2	»	0,6	40,4	47,8	10,7
Le limon resté en suspension à 50^{km} de la prise....................	0,56	»	»	»	0,7	9,3	70,6	19,4

Ces chiffres, qui sont d'une grande régularité, montrent que dans un courant de vitesse voisine de 1^{m},50 par seconde se déposent les sables dont le diamètre est compris entre 0^{mm},25 et 0^{mm},10; dans un courant de vitesse voisine de 0^{m},75 par seconde, des sables dont le diamètre est compris entre 0^{mm},10 et 0^{mm},05, et dans un courant de vitesse voisine de 0^{m},40, des limons dont le diamètre est inférieur à 0^{mm},05.

Les matières alors maintenues en suspension, et qui sont distribuées sur les terres, sont formées des particules les plus ténues.

En résumé, nous avons déterminé les quantités de matériaux charriés par les principaux cours d'eau des Alpes et des Pyrénées. Nous avons montré qu'à cause de la fréquence de certaines formations récentes, très friables et affouillables, l'érosion est beaucoup plus intense dans les Alpes, dont les rivières arrachent d'énormes masses de matériaux. Ainsi l'Isère, à Montmélian, qui draine alors un périmètre dont la surface est d'environ 4850$^{km^2}$, a charrié en moyenne, pendant la période 1911 à 1913, 39 millions de tonnes de limons par an, ce qui correspondrait à 8000 tonnes par kilomètre carré. Si ces limons étaient répartis en une couche uniforme sur tout le bassin versant, cette couche atteindrait 8^{mm} d'épaisseur et le niveau moyen de la montagne se trouverait ainsi abaissé de 81^{cm} par siècle. La

Durance transporte notablement moins de matériaux. Ils correspondent cependant à 1117 tonnes par kilomètre carré de versant, soit à une épaisseur de limon qui, répartie sur tout ce bassin, atteindrait $7^{cm},8$ par siècle. Mais ces derniers limons sont très fins et, à part ceux que les canaux d'irrigation transportent sur les terres, ils sont en grande partie entraînés jusqu'à la mer, tandis que les limons de l'Isère, beaucoup plus grossiers, se déposent rapidement. Les rivières, agents de sédimentation en même temps qu'agents de transport, forment, tout le long de leurs vallées, des terrains à texture de plus en plus fine, à mesure que leur pente diminue.

Dans la région des plaines, elles ne portent plus que les éléments les plus fins. Ce sont uniquement les limons très ténus que les eaux d'arrosage déposent sur les terres cultivées.

Il nous reste à examiner la valeur agricole de ces différents dépôts.

M. G. Lemoine, en son nom et au nom de la *Société des Sciences historiques et naturelles de l'Yonne*, présente le *Compte rendu du Congrès de l'Association des Sociétés savantes de Bourgogne*, tenu à Dijon les 21 et 22 juin 1914.

Dans ce Congrès, présidé par M. René Vallery-Radot, *vingt-trois* Sociétés étaient représentées : ce nombre suffit à montrer quelle est l'activité intellectuelle de la Bourgogne; la doyenne de ces Sociétés savantes est l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Dijon, qui remonte à 1725.

Le prochain Congrès aura lieu à Mâcon et sera présidé par notre Secrétaire perpétuel, M. A. Lacroix.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un hydrate d'hydrogène arsénié.* Note de M. de Forcrand.

On sait qu'un grand nombre de gaz ou vapeurs ont la propriété de donner avec l'eau, à une température un peu supérieure à 0°, des hydrates cristallisés dissociables contenant en général 6^{mol} d'eau pour 1^{mol} de gaz.

On peut obtenir un hydrate semblable avec l'hydrogène arsénié et aussi avec l'hydrogène antimonié.

J'ai préparé le gaz hydrogène arsénié presque pur (à 98 pour 100 en volume de AsH^3) par l'excellente méthode imaginée par M. Fonzes-Diacon (1), c'est-à-dire par l'action de l'eau froide sur l'arséniure d'aluminium.

(1) *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1314.

Le gaz était alors introduit, avec quelques gouttes d'eau, dans le tube de l'appareil Cailletet, et comprimé progressivement.

Comme il arrive toujours dans les cas analogues, la simple compression ne produit pas immédiatement l'hydrate. Mais, après une détente brusque et une nouvelle compression, les cristaux apparaissent.

On peut ensuite les maintenir indéfiniment, entre 0° et + 28°,2, sous une pression minima qui croît avec la température.

Cette pression minima, qui est la tension de dissociation de l'hydrate, est de 17^{atm},5 à + 28°,2.

Au delà, par exemple à + 29°, l'hydrate se détruit et refuse de se reformer même sous des pressions de 30 à 40 atmosphères, tandis que l'appareil ne contient plus que deux couches liquides superposées : eau et AsH^3.

C'est en effet à cette température + 28°,3 que la courbe des tensions de dissociation de l'hydrate rejoint la courbe des tensions de vapeur de AsH^3, qui, d'après les nombres donnés par Faraday, fournirait 17^{atm},5 à + 28°,2.

Un semblable *point critique de décomposition* existe pour tous les hydrates de gaz.

Pour avoir la tension de dissociation à 0°, j'ai enfermé le gaz dans une sorte de *tube de Mariotte*, contenant dans sa branche fermée quelques gouttes d'eau. L'extrémité ouverte de l'appareil plongeait dans un bain de mercure.

J'ai obtenu ainsi, à 0° : 613^{mm}, soit 0^{atm},806.

Le même tube a été utilisé pour avoir des points compris entre 0° et + 5°, mais en le disposant en sens inverse, c'est-à-dire l'ouverture de la grande branche en haut. On notait alors à quelles températures les cristaux se formaient ou se détruisaient sous une pression donnée. J'ai trouvé :

760^{mm} à + 1°,6,
980^{mm} à + 4°,15.

Enfin, d'autres points ont été déterminés avec l'appareil Cailletet, entre + 10° et + 21°, par exemple :

atm		°
2,65	à	+ 10,
3,83	à	+ 13,
6,79	à	+ 18,25,
8,85	à	+ 21,

ce qui permet de tracer toute la courbe.

Déjà les deux points extrêmes 0° et $+28°,2$ suffisent pour calculer, au moyen de la formule de Clapeyron, la chaleur de formation de l'hydrate solide à partir de l'eau liquide et de AsH^3 gaz. On trouve ainsi :

$$+17^{Cal},834.$$

Le même calcul effectué pour les points de la courbe espacés de 5° en 5° donne :

De :				Q. (Cal)
0°	à	+5°	(613^{mm} et 1102^{mm}).........	+17,69
+5	à	+10	(1102^{mm} ou $1^{atm},45$ et $2^{atm},65$).	+18,86
+10	à	+15	($2^{atm},65$ et $4^{atm},72$).....	+18,70
+15	à	+20	($4^{atm},72$ et 8^{atm}).....	+17,66
+20	à	+25	(8^{atm} et $12^{atm},9$).....	+16,58
+25	à	+28,2	($12^{atm},9$ et $17^{atm},5$).....	+17,03

La moyenne est

$$+17^{Cal},753,$$

nombre qui se confond avec le précédent.

Pour évaluer la chaleur de formation Q', à partir du gaz et de l'eau solide, on peut se servir de ma relation générale

$$Q' = 30 \times T,$$

sachant que $T = +1°,6$ ou $274°,6$ absolus. On trouve alors

$$Q' = +8^{Cal},238.$$

La différence $Q - Q' = 9^{Cal},515$ correspond à la chaleur de solidification des n molécules d'eau unies à AsH^3. Donc

$$\frac{9,515}{1,55} = 6,14 = n.$$

La formule de l'hydrate est donc

$$AsH^3 + 6H^2O.$$

Il est possible aussi de faire la part qui correspond à la solidification du gaz AsH^3 dans le nombre global $+8^{Cal},238$ obtenu plus haut. En effet, ce gaz bout à $-54°,8$ (Olszewski), soit à $218°,2$; sa chaleur de solidification doit donc être égale à $218,2 \times 30$, soit $6^{Cal},546$. Il reste donc

$$+8,238 - 6,546 = +1^{Cal},692,$$

pour représenter la *chaleur chimique*, c'est-à-dire l'union de AsH^3 solide avec $6H^2O$ solides.

Si maintenant on cherche les analogies entre cet hydrate et ceux des gaz les plus voisins du AsH^3, on en trouve quelques-unes qui sont assez frappantes.

Ainsi, le Tableau suivant

	Température d'ébullition du gaz sous 760mm.	Différences d.	Tensions de dissociation de l'hydrate à 0°.	Différences d'.
SH^2	−60°,2	18°,2	731mm	385mm
SeH^2	−42		346	
AsH^3	−54,8	12°,8	613	267mm

montre que les différences d sont proportionnelles aux différences d'.

En appliquant cette relation à l'hydrate de PH^3, on trouverait qu'il a à 0° une tension de dissociation de $1^{atm},63$, nombre qui s'accorde avec les données de Cailletet et Bordet.

On peut encore faire la comparaison suivante :

	Poids moléculaire.	Nombre de molécules d'eau de l'hydrate.	Température à laquelle l'hydrate a une tension de 760mm.		Poids moléculaire.	Nombre de molécules d'eau de l'hydrate.	Température à laquelle l'hydrate a une tension de 760mm.	Différences.
SH^2 ...	34	6	+0°,35	SeH^2 ...	81	6	+8°	7°,65
PH^3 ...	34	6	−6,40 (1)	AsH^3 ...	78	6	+1,6	8,00
	Différences ...		6,75				6,4	

Ainsi, dans chaque ligne horizontale, on trouve la même différence de stabilité en passant de l'hydrure du poids moléculaire 34 à l'hydrure du poids moléculaire 80 environ. De même, dans chaque colonne verticale, la différence de stabilité est sensiblement identique pour deux termes de même poids moléculaire lorsqu'on passe d'une famille à l'autre.

J'étudie actuellement l'hydrate de SbH^3, qui paraît très voisin de l'hydrate de AsH^3.

(1) Nombre calculé d'après la courbe de Cailletet et Bordet.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Intérieur** transmet à l'Académie ampliation d'un Arrêté aux termes duquel M. le Dr Roux est nommé Membre du *Conseil supérieur d'Hygiène publique de France*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1914 (1). Note (2) de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations dans ce trimestre a été de 67, et voici les principaux faits qu'on en déduit :

Taches. — Avec un nombre de groupes très peu moindre (12 au lieu de 14) la surface tachée enregistrée est plus grande d'environ un quart (1321 millionièmes au lieu de 1083).

D'ailleurs, une belle tache nucléaire a été visible à l'œil nu dans deux traversées successives du disque solaire, du 13 au 26 août, à la latitude de + 18°, et du 10 au 22 septembre, à la latitude de + 17°.

Dans leur répartition par hémisphère, on a noté 1 groupe en plus au sud de l'équateur (8 au lieu de 7) et 3 en moins au nord (4 au lieu de 7). Nous n'avons observé aucun groupe dans l'hémisphère boréal pendant le mois de juillet.

La latitude moyenne des taches a encore augmenté dans l'hémisphère austral : de — 23° à — 27°, tandis qu'elle a diminué dans l'hémisphère boréal : de + 26° à + 18°,5.

La proportion des jours sans taches est un peu plus élevée dans ce trimestre que dans le précédent, avec le nombre de 0,42 au lieu de 0,34.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules est très peu moindre que dans le deuxième trimestre, avec 59 groupes au lieu de 62; mais leur surface totale a diminuée de plus d'un quart : on a, effectivement, 29,7 millièmes au lieu de 41,5.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on a enregistré 5 groupes en plus au Sud (35 au lieu de 30) et 8 en moins au Nord (24 au lieu de 32).

---

(1) J'ai omis de signaler dans ma précédente Communication (voir p. 198) que les observations du 11 au 19 avril ont été faites par mon collègue M. Ph. Flajolet.

(2) Séance du 6 avril 1915.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet. — 0,58.			
7	1	4,8	−34		5
3-11	7	8,2	−34		56
11	1	13,0	−21		8
17-18	2	17,8	−28		42
	24 j.		−29°,3	»	
		Août. — 0,45.			
24	1	18,9	−28		13
13-26	9	19,7		+18	514
26	1	23,0	−22		3
		Août (suite).			
30-31	2	27,0		+17	9
	20 j.		−25°,0	+17°,5	
		Septembre. — 0,22.			
8-20	11	14,6	−19		173
10-22	11	16,3		+17	370
12-18	6	17,9	−30		87
24-2	8	30,3		+22	41
	23 j.		−24°,5	+19°,5	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1914.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	2	2	»	»	4	»	»	»	»	»	»	4	111
Août........	»	»	2	»	»	2	2	»	2	»	»	»	4	539
Septembre..	»	»	1	1	»	2	2	»	1	1	»	»	4	671
Totaux....	»	2	5	1	»	8	4	»	3	1	»	»	12	1321

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1914.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	1	2	6	2	1	12	7	»	1	2	2	2	19	9,0
Août........	1	2	5	1	1	10	7	»	5	2	»	»	17	9,8
Septembre..	2	2	6	3	»	13	10	2	2	2	»	4	23	10,9
Totaux....	4	6	17	6	2	35	24	2	8	6	»	6	59	29,7

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Effet de la dispersion atmosphérique sur le diamètre des astres photographiés.* Note de M. S. CHEVALIER, présentée par M. B. Baillaud.

Dans une Note précédente (voir *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1377), j'ai indiqué l'effet produit par la dispersion atmosphérique sur les diamètres du Soleil photographié, et la conséquence qui résultait de l'application de

cette correction à la différence observée entre les deux diamètres polaire et équatorial. La différence publiée dans notre Étude photographique des diamètres du Soleil, loin de disparaître par cette correction, se trouvait légèrement augmentée. Depuis lors, nous avons constaté qu'elle fait presque complètement disparaître une variation annuelle, légère, mais inexplicable, dans cette différence. Son effet sur le diamètre moyen ne peut être que de diminuer la valeur trouvée précédemment. Le diamètre moyen, corrigé de cette erreur, aurait eu pour valeur moyenne, de 1905 à 1910, 31′59″, 79. Cette grandeur reste en meilleur accord avec celle que M. Simonin a déduite des observations de l'éclipse de 1912 qu'avec celle qui est adoptée sur l'autorité du Dr Auwers.

Le coefficient pratique de dispersion atmosphérique déduit de l'ensemble de nos mesures des diamètres du Soleil est, sans aucun doute, celui qu'il convient d'employer dans la correction de ces mesures. Les équations de condition d'où il a été déduit, et la rectification, que j'indiquais tout à l'heure, d'une légère variation inexplicable, montrent que ce coefficient représente assez exactement l'effet de la dispersion atmosphérique sur nos photographies du Soleil. J'ajouterai que le fait d'avoir pu mettre en évidence et mesurer une cause d'erreur systématique plus petite que 0″, 2, qui entre dans la plupart des équations de condition avec un facteur compris entre +1 et −1, parle en faveur de la précision de nos mesures.

Il m'a semblé qu'il y aurait intérêt à rechercher si, pour d'autres astres photographiés avec d'autres plaques d'une sensibilité plus grande, le coefficient pratique de dispersion atmosphérique, déduit de nos mesures, serait applicable. Ce n'est pas évident, *a priori*, bien que la dispersion atmosphérique reste la même. Car ce n'est pas elle qui est mesurée, mais son effet sur les diamètres d'un astre photographié, dans telles et telles conditions. L'éclat de l'astre venant à changer, une planète au lieu du Soleil, et avec lui, la sensibilité des plaques, et le mode de développement changeant, on doit se demander si l'effet de la dispersion sera le même. Nous supposerons cependant toujours que la pose est à peu près instantanée, et que le développement est conduit de manière à obtenir, non le maximum d'intensité possible, mais l'intensité nécessaire pour arrêter nettement les contours de l'image, tout en lui laissant la transparence voulue pour que les détails de la surface restent bien visibles.

Pour résoudre cette question, nous avons résolu de photographier Jupiter au moment où le diamètre vertical se trouverait être le diamètre situé à 45° du pôle de la planète, ou un diamètre voisin. Dans ces conditions,

le diamètre symétrique du vertical, par rapport au pôle de la planète, et par conséquent égal en longueur absolue, se trouvera ou horizontal, ou très voisin de l'horizontalité. La dispersion atmosphérique sera donc sans action sur lui, tandis qu'elle obtiendra tout son effet sur le vertical. Les circonstances paraissaient d'autant plus favorables en 1913, que les conditions imposées se trouvaient réalisées à un moment où la planète était à une grande distance zénithale, et par conséquent le facteur tang z, du coefficient de dispersion atmosphérique, atteignait ou même dépassait 2.

En réalité, ce programme ne fut qu'imparfaitement rempli; en plusieurs soirées favorables, du mois d'octobre au mois de décembre, on a fait un grand nombre de photographies de Jupiter, sur de petites plaques Lumière étiquette violette, ou marque Σ, posées au foyer du réfracteur. Les poses faites à la main, sans appareils de mesure, pouvaient varier de $0^s,1$ à $0^s,2$. Il eût, sans aucun doute, été préférable de photographier la planète à l'époque de son opposition; on n'eut pas eu à tenir compte de l'inégalité d'éclairage des bords. Toutefois, le point de plus faible éclairage étant voisin de l'équateur, les deux diamètres mesurés se trouvent à distance presque égale de ce point et par conséquent presque également raccourcis; la petite différence, qui n'a guère dépassé $0'',030$, est d'ailleurs facile à calculer exactement; le travail n'est donc pas vicié par cette circonstance défavorable.

M. Tsang a mesuré 408 de ces photographies, déterminant successivement, au même micromètre, le diamètre qui se trouvait vertical au moment de la photographie, et son symétrique par rapport à l'axe. Les deux diamètres corrigés de la réfraction et de l'inégalité d'éclairage, ont été comparés, et leur différence : *vertical moins symétrique*, a été posée égale à $A \tan z(1 - \cos q)$, en désignant par q l'angle $< 90°$ du vertical avec son symétrique; car le diamètre vertical s'est trouvé souvent trop éloigné du diamètre à 45°, pour qu'on pût négliger l'effet de la dispersion sur son symétrique.

Nos photographies ont été médiocres, à cause des troubles atmosphériques augmentés par la grande distance zénithale. L'expérience faite paraît montrer qu'il y aurait avantage à choisir une époque, où le diamètre à 45° du pôle serait vertical à une distance zénithale de 50° à 60°. On obtiendrait des photographies beaucoup plus nettes, et la précision des mesures compenserait largement la diminution du facteur tang z. Il est possible que nous reprenions le travail dans ces conditions.

Cependant, grâce au nombre considérable de photographies mesurées, le résultat obtenu ne paraît pas très loin de la vérité, et offre un terme de

comparaison intéressante avec celui qu'ont donné les mesures du Soleil.

La moyenne des 408 observations donne $A = 0'',182 \pm 0'',010$; l'erreur probable d'une observation étant $\pm 0'',210$; et la distribution des erreurs résiduelles est assez conforme à la théorie. Les mesures des diamètres du Soleil avaient donné $A = 0'',168$, valeur qui semble mieux établie. L'accord des deux résultats est d'ailleurs très satisfaisant et paraît prouver que l'effet de la dispersion atmosphérique sur le diamètre d'un astre photographié ne dépend que très peu de l'éclat de l'astre et de la sensibilité des plaques. Pourvu que l'objectif soit achromatisé pour la photographie, et que la pose, la sensibilité des plaques et le développement soient proportionnés à l'éclat de l'astre, de manière à obtenir une image à contours arrêtés, mais bien transparente, on pourra, avec sécurité, employer le coefficient $0'',17$ pour corriger les diamètres mesurés de l'astre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales bornées d'une équation différentielle linéaire.* Note [1] de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons une équation différentielle linéaire à *coefficients variables*

$$\frac{d^n y}{dx^n} + p_1 \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \ldots + p_n y = \varphi(x), \tag{1}$$

sur laquelle nous faisons les hypothèses suivantes :

Dans un intervalle *infini*, par exemple de 0 à $+\infty$, la fonction $\varphi(x)$ est *bornée*; dans le même intervalle :

p_n est borné; p_{n-1} est borné ainsi que sa dérivée p'_{n-1}; p_{n-2} est borné ainsi que ses *deux* premières dérivées p'_{n-2}, p''_{n-2}; ainsi de suite...; p_1 est borné ainsi que ses $n-1$ premières dérivées.

Nous allons montrer que : *Si l'équation différentielle* (1) *admet une intégrale continue et bornée y dans l'intervalle considéré, les dérivées successives de cette intégrale, jusqu'à l'ordre n inclus, sont également bornées dans le même intervalle.*

On peut établir d'abord que les dérivées de y (jusqu'à l'ordre n inclus) ont leur valeur absolue inférieure à celle d'un polynome entier en x à

(1) Séance du 22 mars 1915.

coefficients positifs. On peut écrire en effet identiquement

$$(2)\quad \frac{d}{dx}\left(\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}+q_1\frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}}+\ldots+q_{n-1}y\right)=\frac{d^ny}{dx^n}+p_1\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}+\ldots+p_ny,$$

en posant

$$(3)\quad \begin{cases} q_1 = p_1, \\ q_2 = p_2 - p'_1, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ q_{n-1} = p_{n-1} - p'_{n-2} + p''_{n-3} - \ldots + (-1)^{n-2}p_1^{(n-2)}, \\ q_n = \int (p_n - q'_{n-1})\,y\,dx. \end{cases}$$

En intégrant la relation (2) et tenant compte que y est une intégrale de (1), il vient

$$(4)\quad \varphi_1(x)=\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}+q_1\frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}}+\ldots+q_{n-1}y=\int_0^x[\varphi(x)+(q'_{n-1}-p_n)y]\,dx+c.$$

Les fonctions $\varphi(x)$ et $(q'_{n-1}-p_n)y$ étant bornées, on en conclura que

$$(5)\quad |\varphi_1(x)|=\left|\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}+q_1\frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}}+\ldots+q_{n-1}y\right|<\mathrm{M}x+|c|.$$

En opérant sur l'expression

$$(6)\quad \frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}}+q_1\frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}}+\ldots+q_{n-1}y=\varphi_1(x)$$

comme on a opéré sur (1), on pourra de même écrire

$$(7)\quad \varphi_2(x)=\frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}}+r_1\frac{d^{n-3}y}{dx^{n-3}}+\ldots+r_{n-2}y=\int_0^x[\varphi_1(x)+(r'_{n-2}-q_{n-1})y]\,dx+c'$$

en posant

$$(8)\quad \begin{cases} r_1 = q_1 = p_1, \\ r_2 = q_2 - q'_1 = p_2 - 2p'_1, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ r_{n-2} = q_{n-2} - q'_{n-3} + \ldots + (-1)^{n-3}q_1^{n-3} \\ \qquad = p_{n-2} - 2p'_{n-3} + \ldots + (-1)^{n-3}(n-2)p_1^{(n-3)}. \end{cases}$$

Les fonctions $r_1, r_2, \ldots, r_{n-2}$ sont donc bornées ainsi que la fonction $(r'_{n-2}-q_{n-1})y$ figurant dans le second membre de (7). On aura par suite

$$(9)\quad |\varphi_2(x)|=\left|\frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}}+r_1\frac{d^{n-3}y}{dx^{n-3}}+\ldots+r_{n-2}y\right|<\mathrm{M}x^2+\mathrm{M}_1x+\mathrm{M}_2.$$

En continuant ainsi de proche en proche on arrivera finalement à cette conclusion que

$$\varphi_{n-1}(x) = \frac{dy}{dx} \tag{10}$$

sera, en valeur absolue, inférieure à un polynome de degré $n-1$; en remontant de proche en proche, on tirera la même conclusion vis-à-vis de toutes les dérivées de y jusqu'à l'ordre n inclus. Des propriétés analogues subsisteraient du reste si les fonctions $p_1, p_2, \ldots, p_n$ et les dérivées que nous avons considérées étaient majorées par des polynomes.

Montrons maintenant que, dans les conditions précises du problème, les *dérivées* $\frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \ldots, \frac{d^ny}{dx^n}$ *sont en réalité elle-mêmes bornées.*

Donnons-nous un nombre positif quelconque ρ et déterminons les fonctions $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n-1}$ et u par l'identité

$$\begin{aligned} &\frac{d}{dx} e^{-\rho x}\left[\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}} + \lambda_1 \frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}} + \ldots + \lambda_{n-2}\frac{dy}{dx} + \lambda_{n-1} y\right] \\ &\quad = e^{-\rho x}\left[\frac{d^n y}{dx^n} + p_1 \frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}} + \ldots + p_n y + u\right], \end{aligned} \tag{11}$$

à laquelle on satisfait en posant

$$\left\{\begin{aligned} \lambda_1 &= \rho + p_1, \\ \lambda_2 &= \rho^2 + \rho p_1 + p_2 - p'_1, \\ \lambda_3 &= \rho^3 + \rho^2 p_1 + \rho p_2 + p_3 - (2\rho p'_1 + p'_2 - p''_1), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \lambda_{n-1} &= \rho^{n-1} + \rho^{n-2} p_1 + \ldots + p_{n-1} - R, \\ u &= (\lambda'_{n-1} - \rho\lambda_{n-1} - p_n) y. \end{aligned}\right. \tag{12}$$

R contient linéairement p_1 et ses $n-2$ premières dérivées, p_2 et ses $n-3$ premières dérivées, etc., de sorte que $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n-1}$ sont *bornées*, ainsi que leurs dérivées premières, d'où il résulte que u est également bornée.

Intégrons maintenant la relation (11) de x à $+\infty$. Puisque $y, \frac{dy}{dx}, \ldots, \frac{d^ny}{dx^n}$ sont majorées par des polynomes, on pourra écrire, après intégration,

$$\begin{aligned} &-e^{-\rho x}\left[\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}} + \lambda_1 \frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}} + \ldots + \lambda_{n-1} y\right] \\ &= \int_x^{+\infty} e^{-\rho x}\left[\frac{d^n y}{dx^n} + p_1 \frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}} + \ldots + p_n y + u\right] dx \\ &= \int_x^{+\infty} e^{-\rho x}[\varphi(x) + u]\, dx = [\varphi(\xi) + u(\xi)] \int_x^{+\infty} e^{-\rho x} dx = \frac{\varphi(\xi) + u(\xi)}{\rho} e^{-\rho x}; \end{aligned}$$

d'où, finalement,

$$\frac{d^{n-1}y}{dx^{n-1}} + \lambda_1 \frac{d^{n-2}y}{dx^{n-2}} + \ldots + \lambda_{n-1} y = - \frac{\varphi(\xi) + u(\xi)}{\rho}. \tag{12}$$

Le second membre de (12) étant borné, y satisfait donc à une équation différentielle d'ordre $(n-1)$ dont les coefficients, il est facile de le voir, satisfont encore aux conditions exprimées dans l'énoncé du théorème.

Le même raisonnement pourra être poursuivi sur cette nouvelle équation (12) et ainsi de suite. On arrivera finalement à une équation

$$\frac{dy}{dx} + \mu y = \theta(x)$$

qui, μ et θ étant bornés, montrera que $\frac{dy}{dx}$ est borné. En remontant les équations précédemment obtenues on en conclura donc que toutes les dérivées $\frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \ldots, \frac{d^ny}{dx^n}$ sont également bornées.

Si l'intervalle avait été l'intervalle o à $-\infty$ on aurait considéré des valeurs négatives de ρ, l'intégration de (11) étant faite entre x et $-\infty$. Enfin si l'intervalle donné était l'intervalle $-\infty$ à $+\infty$ on traiterait séparément les intervalles $-\infty$ à o et o à $+\infty$.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le troisième trimestre de* 1914. Note [1] de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours perturbés, pendant le troisième trimestre de 1914, se répartit de la façon suivante :

	Juillet.	Août.	Septembre.	Total du trimestre.
Jours parfaitement calmes.......	8	10	8	26
Perturbations de 1′ à 3′.........	14	12	16	42
» de 3′ à 7′.........	8	6	5	19
» $>7'$............	1	3	1	5

La perturbation la plus forte a été de 14′, le 27 septembre.

Dans le trimestre précédent [2], les nombres de la quatrième colonne du Tableau ci-dessus étaient, respectivement : 20—43—17—7.

[1] Séance du 6 avril 1915.

[2] *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 251.

On remarque que le nombre des jours calmes, ou o dans l'échelle adoptée, a augmenté de 6; celui des jours de valeur 1 a diminué de 1; celui des jours cotés 2 a augmenté de 2 et ceux de valeur 4 ont diminué de 2.

BOTANIQUE. — *Quelques expériences sur l'antioxydase des fruits de la Tomate.* Note (¹) de M. **Lubimenko**, présentée par M. Gaston Bonnier.

D'après les résultats de mes recherches antérieures (²) sur l'évolution des pigments des chloroleucites au cours de leur transformation en chromoleucites, je suis arrivé à cette conclusion que ce sont les enzymes oxydants qui provoquent dans ce cas l'altération de la chlorophylle. Pour vérifier cette conclusion, j'ai entrepris les dosages de peroxydase dans le suc des fruits de la Tomate aux divers stades de leur développement.

Les expériences préliminaires m'ont montré que la peroxydase de la Tomate donne une réaction aussi forte avec de la résine de gaïac dans l'alcool de 60 pour 100 que dans l'alcool dilué. C'est pourquoi j'ai adopté la méthode de dosage suivante :

J'obtiens le suc des fruits finement découpés et broyés au moyen d'une presse ordinaire et je le filtre sur du papier à filtre; je prends ensuite un centimètre cube de suc, j'ajoute de l'alcool à 50 pour 100, de la solution de la résine de gaïac fraîchement préparée et du peroxyde d'hydrogène de manière que le volume total de ce mélange atteigne 20^{cm^3} et que la quantité d'alcool soit de 55 pour 100. J'obtiens ainsi une solution bleue parfaitement transparente et je compare son intensité de couleur au moyen d'un colorimètre, à l'intensité de celle d'une solution de *bleu de coton* prise comme unité.

Voici les résultats de deux séries de dosages faits de cette manière pour le suc des fruits cueillis simultanément de quelques plantes.

Les divers stades successifs du développement des fruits sont marqués par les n^{os} I, II, III, etc.; à partir du n° IV, la teinte des fruits change du vert au rouge.

Quantités relatives de peroxydase pour un centimètre cube de suc.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Première expérience......	27	60	44	20	traces	0	0
Deuxième expérience.....	22	38	60	43	0	0	0

(¹) Séance du 6 avril 1915.

(²) V. Lubimenko, *Recherches sur les pigments des chromoleucites* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 510); *Nouvelles recherches sur les pigments des chromoleucites* (*Ibid.*, t. 160, 1915, p. 277).

On voit par ces chiffres que la quantité de peroxydase dans le suc augmente dans les fruits avec leur développement et qu'elle tombe ensuite jusqu'à zéro quand la teinte des fruits change du vert au rouge. L'expérience a montré que les nombres ainsi obtenus ne sont pas exacts pour la peroxydase.

J'ai pris le suc fraîchement préparé des tomates rouges qui n'a donné aucune coloration avec de la résine de gaïac, j'ai ajouté à ce suc une quantité suffisante de toluol et je l'ai mise dans une chambre dont la température à peu près constante est égale à 20°. En faisant les dosages en 1 jour, j'ai obtenu la quantité de peroxydase égale à 40; en 2 jours elle a augmenté jusqu'à 70. J'ai répété l'expérience plusieurs fois et j'ai toujours obtenu les mêmes résultats.

Ce fait nous montre que le suc des tomates rouges contient, outre la peroxydase, une substance qui empêche l'oxydation de la résine de gaïac et que cette substance s'altère en présence du toluol. La nature enzymatique de la substance en question peut être démontrée par les expériences suivantes :

On prend 1^{cm^3} de suc frais qui ne donne aucune coloration avec de la résine de gaïac, et l'on ajoute 1^{cm^3} de formaline à 40 pour 100; la résine se colore immédiatement. Au lieu de formaline, on peut prendre l'éther ou le chloroforme, mais la coloration se produit dans ce cas au bout de quelques heures ou d'un jour, suivant la température. Dans une expérience, j'ai ajouté sur 1^{cm^3} de suc inactif pour la résine de gaïac respectivement : 1^{cm^3}, $0^{cm^3},5$ et $0^{cm^3},25$ d'éther; la portion de contrôle a été laissée sans antiseptiques; la température a été égale à 12° C.

En 2 jours, j'ai obtenu les quantités suivantes de peroxydase :

	I. Portion de contrôle.	II. 1^{cm^3} de suc + 1^{cm^3} d'éther.	III. 1^{cm^3} de suc + $0^{cm^3},5$ d'éther.	IV. 1^{cm^3} de suc + $0^{cm^3},25$ d'éther.
Peroxydase...	0	24	33	33

On obtient des résultats analogues si l'on met des fruits rouges vivants dans un récipient contenant les vapeurs de toluol ou de chloroforme ; le suc extrait des fruits tués de cette manière donne une très forte coloration de la résine de gaïac.

Tous ces faits nous donnent à penser que le tissu des fruits de la Tomate renferme un enzyme qui paralyse l'action oxydante de la peroxydase ; cet enzyme, que nous appelons provisoirement l'*antioxydase*, est beaucoup plus sensible que la peroxydase à l'influence de divers antiseptiques ; le toluol le détruit même assez rapidement.

Les dosages que nous avons faits pour les fruits pris aux divers stades de développement montrent que le rapport entre les quantités des enzymes antagonistes change de la manière suivante : chez les fruits très jeunes,

c'est la peroxydase qui prend une prépondérance sur l'antioxydase et cette prépondérance atteint son maximum au stade qui précède le rougissement des fruits; plus tard, le rapport change en sens contraire et l'appareil chlorophyllien reflète ce changement par l'accumulation de la lycopine. A ce point de vue, il est important de remarquer que les enzymes antagonistes sont distribués inégalement dans les divers tissus des fruits. Si l'on découpe en deux moitiés une Tomate rouge, dont le suc est inactif pour la résine de gaïac, et si l'on met à la surface de la coupe la solution de cette résine, en ajoutant un peu de peroxyde d'hydrogène, on constate une belle et intense coloration bleue des couches sous-épidermiques du parenchyme des téguments des graines et une coloration sensiblement plus faible des couches intérieures du parenchyme; au contraire, l'épiderme, le tissu mucilagineux entourant les graines ainsi que le tissu des graines mêmes ne montrent aucune coloration.

Il est très probable que l'appareil chlorophyllien subit aussi l'action oxydante de la peroxydase dans les fruits et les feuilles pendant son travail assimilateur; or, dans ce cas, l'oxydation de la chlorophylle est toujours paralysée par l'intervention de l'antioxydase, ce qui donne l'aspect d'une stabilité apparente aux pigments contenus dans les chloroleucites. Mais quand la fonction de l'antioxydase est affaiblie, comme cela arrive à certains stades du développement des fruits ou dans les feuilles avant leur chute, les enzymes oxydants attaquent énergiquement les pigments et provoquent leur transformation chimique, nettement visible par le changement de couleur.

BOTANIQUE. — *Intoxication chimique et mutation du Maïs.* Note [1] de M. **A. Jungelson**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les facteurs de l'évolution des formes végétales, et surtout ceux qui provoquent l'apparition brusque des caractères insolites, « des sports », sont très peu connus. La production expérimentale des monstruosités végétales est encore rare, et surtout en ce qui concerne les fruits ou les grains.

Dans nos expériences, nous avons pu obtenir des épis de Maïs anormaux, en partant de semences plus ou moins intactes, et maintenues en contact,

(1) Séance du 6 avril 1915.

pendant 1 heure à 24 heures, avec une solution aqueuse à 1 pour 100 ou à 2 pour 100 de sulfate de cuivre électrolytique.

Sur 60 plantes issues des grains intoxiqués de Maïs « King Chilipp blanc » vérifiés intacts, ou blessés, mutilés et extégumentés expérimentalement, nous avons récolté 150 épis, dont 37 présentaient une déviation accentuée du type spécifique.

Tandis que l'épi normal du type est de forme allongée, cylindrique, à rangées parallèles, sans vides, les épis anormaux obtenus appartiennent à 9 formes, dont voici le signalement succinct :

I. Épis coniques à *rachis torsionné*, à rangées de grains entremêlées et imbriquées les unes dans les autres (3 échantillons).

II. Épis à facies *cylindro-prismatique*, sillonnés depuis la base jusqu'au tiers supérieur par 4 gouttières prononcées dans le voisinage desquelles les grains sont revêtus partiellement d'une espèce de pellicule membraneuse (2 échantillons).

III. Épis *pyriformes* à sommet droit ou incliné, sillonnés de 4 gouttières et ne dépassant pas 10^{cm} de longueur (4 échantillons).

IV. Épis *nains*, ovales, d'une longueur de 4^{cm} à 5^{cm}, garnis d'une quarantaine de grains très serrés (3 échantillons).

V. Épis *courbés* présentant une flexion presque à angle droit de leur partie supérieure (2 échantillons).

VI. Épis *arqués*, effilés en forme de croissant (3 échantillons).

VII. Épis *ébréchés* garnis de grains très clairsemés (4 échantillons).

VIII. Épis *déformés* dont le rachis amorphe est garni de grains stériles (3 échantillons).

IX. Épis *androgynes* à fleurs mâles disséminées ou localisées sur un axe terminal (¹) (13 échantillons).

Voici la proportion centésimale de ces épis I-IX, différents du type normal, donnés par chaque groupe de grains, par rapport au nombre total des épis, le régime d'intoxication étant le même :

	Pour 100.	
Les grains intacts et intoxiqués ont donné...........	14,9	d'épis anormaux (I-IX)
» extégumentés et intoxiqués ont donné.....	20,0	»
» blessés et intoxiqués »	37,0	»
» mutilés et intoxiqués »	35,4	»
Les grains intacts, extégumentés, blessés, mutilés, *non intoxiqués* ont donné..........................	0	»

(¹) Les échantillons sont déposés au Musée de l'Institut agricole de la Faculté des Sciences de Nancy.

Les grains eux-mêmes, garnissant ces épis, ont été influencés par l'intoxication de la semence-souche, et présentent certaines fluctuations intéressantes portant sur leur conformation, leur structure anatomique, et même leur composition chimique.

L'intoxication de la semence a donc conféré à la plante qui en est issue un état spécial, une aptitude à produire des nouvelles formes; et cela, d'autant plus facilement que le contact entre les tissus de la graine et le toxique était plus intime, puisque les grains blessés et mutilés ont donné une proportion plus élevée de types anormaux que les grains intacts.

Parmi les facteurs influençant le cycle évolutif des formes végétales, M. Blaringhem a attribué un rôle important aux traumatismes violents (¹).

Le fait, que les mêmes transformations (épis androgynes, épis ébréchés, etc.) ont été obtenues par M. Blaringhem en mutilant la plante, et par nous en partant des grains intoxiqués expérimentalement, montre que les relations de cause à effet sont moins étroites que ne le croyait ce dernier auteur dans son intéressant travail. Il est donc possible de mettre la plante dans une « période d'affolement, de mutation créatrice de nouvelles formes », non seulement par des processus mécaniques, mais aussi par des moyens d'ordre chimique.

On peut même se demander, si l'intoxication de la graine ou son évolution dans un milieu chimique non accoutumé n'est pas une cause directe de l'apparition de types aberrants, ou « mutations », et ne pourrait être un facteur important de l'évolution des espèces végétales (²), comme il en existe des exemples dans le règne animal (³).

HYGIÈNE. — *Sur l'épuration de l'eau de boisson par l'hypochlorite de calcium.* Note de MM. H. **Vincent** et **Gaillard**, présentée par M. A. Laveran.

L'action antiseptique de l'hypochlorite de calcium a été étudiée par Woronzoff, Winogradoff et Kolesnikoff, Sternberg, etc., et surtout par Chamberland et Fernbach pour la désinfection des locaux. L'un de nous a

(¹) L. Blaringhem, *Mutation et traumatismes*, p. 221.

(²) Edmond Gain, *Introduction à l'étude des régions florales*, 1908, p. 54.

(³) C. Herbst, *Arch. f. Entwickelungsmechanik d. Organismen*, 1897, p. 643-793. — C.-B. Davenport, *Effect of chemical agents upon growth* (*Experimental Morphologie*, t. 2, p. 293).

fait ressortir l'influence énergique de l'hypochlorite de calcium sur les microbes pathogènes (bacille typhique, bacille du choléra, etc.) (¹). Traube, Schumburg ont employé ce corps pour la stérilisation de l'eau. Il nous a paru qu'il méritait d'être étudié de nouveau à ce dernier point de vue.

L'addition des hypochlorites alcalins (javellisation) aux eaux de boisson rend de très grands services. Toutefois, les variations de composition, en chlore actif, de l'eau de Javel ou de son extrait, ne permettent pas de les utiliser à cette fin sans une analyse préalable pour chaque échantillon commercial, la teneur en chlore pouvant osciller dans la proportion de 1 à 10 et davantage. En outre, le chlore actif contenu dans l'eau de Javel ou de Labarraque se transforme spontanément et graduellement en chlorure alcalin inactif. Il est donc nécessaire, pour une même eau de Javel, de procéder, chaque fois, au titrage chlorométrique si l'on veut l'utiliser à intervalles variables.

L'hypochlorite de calcium offre des avantages pratiques non douteux sur le précédent. Il est plus stable, plus riche en chlore actif. En raison de son caractère de corps solide, il est aisément maniable et utilisable. Après de nombreux essais, nous avons réussi à faire préparer des *comprimés* dont chacun renferme, au moment de sa préparation, $3^{mg}, 5$ environ de chlore actif. Cette proportion s'abaisse, avec le temps, vers 3^{mg}, dose suffisante pour l'épuration d'un litre d'eau.

Ces comprimés comprennent un mélange de $0^{g}, 015$ d'hypochlorite de calcium et de $0^{g}, 08$ de Na Cl pur (²).

Conservés pendant 2 mois, ils ont perdu seulement $0^{g}, 0003$ à $0^{g}, 0004$ de leur titre en chlore.

L'adjonction du Na Cl présente une certaine importance. Lorsqu'on introduit un de ces comprimés dans l'eau et qu'on agite, on constate, en effet, que le chlorure de sodium qu'il contient favorise la diffusion et la dissolution très rapide du chlore actif dans l'eau à épurer. *En 10 minutes, et alors que le comprimé ne paraît pas modifié, les trois quarts du chlore actif disponible sont déjà dissous dans l'eau. Dans les 10 minutes suivantes, la presque totalité de ce qui reste de chlore actif a été mise en liberté.*

Au contraire, des comprimés d'hypochlorite de calcium non additionnés de Na Cl, agités dans l'eau, ne lui cèdent la totalité de leur chlore qu'après plusieurs heures.

En conséquence, il n'est nul besoin d'écraser le comprimé d'hypochlo-

---

(¹) H. Vincent, *Comptes rendus*, t. **119**, 1894, p. 965, et *Ann. de l'Inst. Pasteur*, 25 janvier 1915.

(²) Il peut être fait des comprimés stérilisateurs pour 10^{l}, 20^{l}, etc. d'eau de boisson.

rite de calcium + Na Cl pour obtenir ce résultat. Le comprimé se maintient pendant quelques heures sous la forme d'un squelette de carbonate de calcium qui constitue, au point de vue pratique, un *témoin* de l'addition de l'agent stérilisant.

Après action de l'hypochlorite de calcium, la composition minérale de l'eau est à peine modifiée par la présence de quelques centigrammes de Na Cl et de 1^{cg} de carbonate de calcium. Les degrés alcalimétriques et hydrotimétriques ne sont pas sensiblement changés.

En ce qui concerne *l'action chimique sur les matières organiques des eaux*, le résultat général de plus de 30 analyses (eaux naturelles, eaux d'égouts, eaux souillées par des matières fécales, eau additionnée de 1^{cg} par litre de peptone et abandonnée à la putréfaction, etc.) peut s'exprimer comme il suit : l'azote ammoniacal et l'azote albuminoïde tombent dans une proportion qui varie du quart à plus de la moitié et peut même descendre aux trois quarts, suivant le degré de pollution et la nature de la souillure de l'eau. L'action oxydante, déjà manifeste après 10 minutes, se continue pendant plusieurs heures et s'arrête au bout de 24 heures environ. Elle peut aller jusqu'à la transformation de l'azote organique en azote nitrique.

Une eau ayant subi un commencement de fermentation putride perd toute odeur après action d'un comprimé.

L'*épuration bactérienne* s'effectue suivant une marche rigoureusement parallèle à la dissolution du chlore actif.

On a délayé, dans 1^{l} d'eau de Vanne ou de Seine stérilisée, des cultures prélevées sur gélose de bacille typhique, bacille paratyphique A ou B, bacille dysentérique, bacille du choléra, de manière que la teneur fût de 2000 à 5000 bacilles environ par centimètre cube. Le comprimé d'hypochlorite de calcium étant introduit, on agitait vivement l'eau en expertise, puis on faisait, toutes les 5 minutes, des prélèvements de 2^{cm^3} d'eau qu'on ensemençait en bouillon.

Les microbes pathogènes ont été régulièrement trouvés morts après 10 à 12 minutes, parfois après 5 minutes. Le *Bacillus coli* est tué dans le même délai.

Dans une eau contenant $1^{mg},2$ d'azote organique, la destruction du bacille typhique et des autres microbes pathogènes a été obtenue en 10 ou 15 minutes. Dans une eau trois fois plus riche en azote albuminoïde, l'addition de deux comprimés a donné le même résultat.

En ce qui concerne les bactéries non pathogènes (saprophytes) des eaux de boisson, ces microbes sont, sous l'influence de l'hypochlorite de calcium,

influencés très rapidement, en fonction de la dissolution du chlore actif. Par exemple, une eau renfermant 3040 bactéries par centimètre cube n'en contenait plus, après 10 minutes, que 180; après 1 heure, que 60. Dans une eau contenant par centimètre cube 16975 bactéries banales, la teneur microbienne est descendue à 450 après 10 minutes, à 175 après 20 minutes, à 105 après 1 heure (1).

L'eau de boisson, additionnée d'hypochlorite de calcium en comprimé, peut être consommée après 15 ou 20 minutes. Elle ne présente aucun goût appréciable.

Simple et pratique, d'une innocuité absolue, d'une efficacité considérable et très rapide, ne nécessitant, pour son emploi, aucune manipulation ni aucun dosage, cette technique d'épuration des eaux de boisson nous a paru, particulièrement dans les circonstances présentes, devoir être signalée et recommandée.

MÉDECINE. — *Sur une installation permettant d'appliquer l'héliothérapie intensive, en hiver, aux blessés et aux convalescents militaires.* Note de M. J. Vallot, présentée par M. d'Arsonval.

L'héliothérapie d'hiver est d'une application difficile, à cause de la basse température de l'air, même sur la Côte d'Azur. Les malades devant, dans bien des cas, être exposés au soleil complètement nus, il est indispensable de les soustraire à l'action nuisible du vent et du froid de l'air. En outre, j'ai démontré antérieurement que l'action de la lumière augmente largement en présence de la chaleur.

Il résulte des nombreuses mesures que j'ai faites à Nice, que la radiation calorifique *directe* du soleil dans cette région, par beau temps, varie de 1^{Cal} à $1^{\text{Cal}},3$. Elle est sensiblement la même en toute saison, ce qui s'explique par l'augmentation de la vapeur d'eau en été et la pureté de l'atmosphère en hiver.

Mais il n'en est pas de même de la radiation chimique. Celle-ci est beaucoup plus sensible à l'épaisseur d'atmosphère traversée, et sa valeur, mesurée à l'aide d'un actinomètre chimique, descend, en hiver, presque à

(1) Après 4 ou 5 heures, il arrive parfois que l'eau étant abandonnée à elle-même à la température du laboratoire, il s'y produit une légère multiplication des bactéries banales non détruites.

la moitié de ce qu'elle est en été. Comme les radiations chimiques sont les plus agissantes en héliothérapie, ce fait a une grande importance, et il en résulte qu'il est de toute nécessité d'utiliser le maximum des radiations.

A l'extérieur, la radiation *directe* (soleil seul) s'augmente de la radiation *diffuse* provenant de la voûte céleste. Celle-ci est loin d'être négligeable, car elle atteint un tiers de la radiation directe. La radiation *totale* est la somme des deux radiations. Voici des chiffres indiquant, d'après la moyenne de mes expériences, la proportion relative de ces radiations à Nice.

	Cal
Radiation directe (soleil seul)	1
Radiation totale, à l'extérieur	1,4
Radiation dans une chambre, fenêtre ouverte	1,1

On voit qu'il y aurait grand avantage à placer le malade à l'extérieur, si le froid et le vent ne s'y opposaient pas.

On peut se rendre compte des conditions dans lesquelles le malade peut être placé, à l'aide de l'*héliothermomètre* que j'ai décrit au Congrès de Thalassothérapie de Cannes. Il résulte des expériences que j'ai faites avec le Dr Malgat que, tant que l'héliothermomètre est au-dessous de 35°, le malade prend un bain solaire froid, qui augmente sa pression artérielle. Au-dessus de 35°, le bain solaire devient chaud, et est caractérisé par l'abaissement de la pression artérielle. Le renversement du phénomène fait sentir l'importance de la température du bain solaire.

Des observations suivies m'ont fait voir qu'à Nice, en hiver, l'héliothermomètre, placé en plein air, a souvent son maximum à 25° et ne dépasse pas 30°, ce qui est fort au-dessous des 35° nécessaires.

Dans la pratique, on essaye de tourner la difficulté, en plaçant le malade devant la fenêtre, dans une chambre chauffée. La fenêtre reste *ouverte*, pour éviter l'absorption des radiations par les vitres, mais les chiffres que j'ai donnés plus haut montrent qu'on perd ainsi la plus grande partie des radiations diffuses, qui sont très actives. C'est ce qui explique la durée interminable du traitement d'hiver. Les nécessités militaires obligent à chercher le moyen d'abréger la cure, en la rendant aussi intensive qu'en été.

Pour qu'une installation soit vraiment efficace, il faut que le malade soit installé dehors, recevant les radiations de la voûte céleste en même temps que celles du soleil. Il faut le préserver du vent, et il est indispensable que l'air, dans lequel il est plongé, soit échauffé suffisamment pour que l'héliothermomètre marque de 38° à 40°. Après une série d'expé-

riences, j'ai réussi à remplir ces conditions, à l'aide d'un système très simple d'écrans absorbants.

L'appareil individuel se compose d'une logette formée de trois écrans verticaux de 2^m de haut. L'écran de fond, en face du soleil, mesure 1^m de large, et les écrans latéraux ont $1^m,60$. Ceux-ci sont accrochés à l'écran de fond et placés à angle ouvert (environ 110°), de manière à réfléchir les rayons solaires vers l'intérieur. Chaque écran est formé d'un châssis en bois sur lequel est tendue une toile forte, peinte en blanc. Il n'y a pas de toit. Tout le système tourne autour d'un pivot vertical, de manière à pouvoir être orienté à toute heure vers le soleil.

Le Tableau suivant montre les résultats que j'ai obtenus au mois de novembre. Les mesures ont été faites à l'aide d'actinomètres appropriés à chaque espèce de radiations.

	A l'air libre.	Dans la chambre.	Dans la logette.
Héliothermomètre	27°,2	39°,4	40°,8
Radiation solaire directe	$1^{Cal},11$	$1^{Cal},11$	$1^{Cal},11$
Radiation calorifique totale	$1^{Cal},60$	$1^{Cal},21$	$2^{Cal},94$
Radiation chimique totale	$1^{Cal},11$	$0^{Cal},84$	$1^{Cal},11$

On voit que la température accusée par l'héliothermomètre est augmentée dans les proportions voulues. La radiation calorifique totale grandit, par les réflexions, plus qu'on ne s'y attendait. Quant à la radiation chimique, au lieu d'être diminuée comme dans la chambre, elle ne subit aucune perte, et reste la même qu'en espace totalement découvert; ce qu'elle perd par suite des écrans latéraux est rendue par réflexion.

Chargé par l'autorité militaire d'organiser le service de l'héliothérapie dans l'Hôpital complémentaire n° 17 (Hôtel impérial), à Nice, j'ai établi un système orientable de sept logettes un peu plus larges, de manière à mettre deux hommes par logette. On peut ainsi donner des bains solaires d'une heure à plus de 80 hommes par jour. Les constatations thermiques ont fourni des chiffres semblables à ceux que j'ai donnés plus haut et l'héliothermomètre a dépassé souvent *quarante* degrés dans les logettes, en février, tandis qu'il restait à *vingt-cinq* degrés à quelques mètres en avant de l'appareil. La disproportion énorme entre ces deux chiffres montre que le but cherché dans ce dispositif a été complètement atteint.

MÉDECINE. — *Nouveau procédé radioscopique de détermination de la profondeur d'un corps étranger dans l'organisme.* Note (¹) de MM. **Hirtz** et **Gallot**, présentée par M. d'Arsonval.

Ce nouveau procédé de la détermination de la profondeur peut s'employer avec toutes les installations radiologiques permettant d'opérer de bas en haut et le centrage vertical du rayon normal.

On peut alors dire qu'il est un des plus exacts, des plus rapides et des plus simples.

Comme outillage spécial, il suffit d'avoir un simple écran radioscopique 8 × 12 par exemple, percé d'un trou à son centre. La petitesse de l'écran étant seulement recommandée pour permettre une meilleure adaptation tangentielle du centre de l'écran sur le patient à la sortie du rayon normal.

Utilisation : Premier temps. — Le patient est posé sur une table, le tube radiologique en dessous à une distance quelconque.

Le rayon normal passant par le projectile, on règle la position de l'écran de façon que le projectile soit au centre du trou O de l'écran. On marque sur la peau du patient, par l'orifice O, à l'aide d'un crayon à l'aniline le point de sortie du rayon.

On déplace le tube dans un plan horizontal dans une direction quelconque, on note sur le verre de l'écran l'endroit de la nouvelle image O' du projectile.

Deuxième temps : Première solution. — On glisse le malade hors de la table sans bouger l'écran.

Deuxième solution. — On relève l'écran spécialement agencé pour retomber en même place après le départ du malade.

L'écran étant en même place, le tube dans sa dernière position et en fonction, on laisse descendre directement par le trou de l'écran un fil à plomb; lorsque le plomb sera arrivé exactement à la profondeur du projectile, son image se confond avec le point O'. On mesure en millimètres la longueur de la ficelle du bord de l'écran au centre de la balle de plomb et l'on a ainsi la profondeur.

(¹) Séance du 6 avril 1915.

C'est la *seule mesure à prendre*, d'où *exactitude absolue*.

Avantages sur les autres procédés. — Aucune autre mesure que celle ci-dessus. Aucun repérage de hauteur ni de déplacement du tube. Élimination de toutes erreurs dans les mesures toujours difficiles sinon impossibles à prendre exactement avec le matériel habituel.

Ce dispositif rendra facile l'application du compas de recherches de M. le médecin major Hirtz par la méthode radioscopique.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 6 juillet 1914.)

Note de M. *Arnaud de Gramont*, Observations générales sur les raies ultimes des éléments dans les diverses sources lumineuses :

Page 9, ligne 11, *au lieu de* condensées avec self; sans self, *lire* condensées sans self; avec self.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 AVRIL 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie le Tome XXXV (deuxième série) des *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences et publiés par son ordre*.

AGRONOMIE. — *Études sur la valeur agricole des limons charriés par les cours d'eau des Alpes et des Pyrénées.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

Nous avons montré, dans une Note récente ([1]), que les rivières arrachent aux montagnes d'énormes quantités de matériaux, mais qu'agents de sédimentation en même temps que de transport, ils forment tout le long de leur vallée des terrains à texture de plus en plus fine, à mesure que leur pente diminue. Si des canaux d'irrigation s'y alimentent, c'est en général dans la région des plaines, où les éléments les plus fins des matériaux en suspension se sont sélectionnés. Cette sédimentation méthodique se continue d'ailleurs dans la tête-morte du canal et ce sont uniquement les limons les plus ténus que les eaux d'arrosage déposent sur les terres cultivées.

Nous nous proposons d'étudier, dans la présente Note, la valeur agricole de ces différents dépôts. Nos recherches ont porté sur les matériaux charriés par les rivières des Alpes et des Pyrénées.

([1]) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 462.

Au point de vue chimique, les limons ont à peu près la même teneur en matières fertilisantes que les bonnes terres arables moyennes. Ils contiennent en effet :

	Pour 1000.
Azote	0,7 à 1,2
Acide phosphorique	0,8 à 1,5
Potasse	1,5 à 2,0

Ceux qui sont particulièrement ténus et argileux, tels que ceux de la Garonne à Toulouse, et ceux qui restent en suspension dans les eaux d'arrosage du canal de Carpentras, contiennent jusqu'à 3 à 4 pour 1000 de ce dernier élément. Ils sont en outre toujours riches en carbonate de chaux. Les limons peuvent donc former par leur dépôt des terres fertiles. Ils sont également susceptibles d'améliorer des terres peu fertiles, auxquelles le colmatage apporte, non seulement les éléments chimiques de la fertilité, mais aussi du corps et de la profondeur. Mais il ne semble pas, par contre, que le limonage puisse augmenter les réserves de matières fertilisantes des sols soumis au régime de l'irrigation, qui sont généralement riches et fortement fumés.

Ce n'est donc pas tant par leur constitution chimique que les limons influent sur les terres arables. Ils jouent, au contraire, un grand rôle en modifiant leurs propriétés physiques, dont l'importance est si grande au point de vue de la fertilité, surtout quand il s'agit de terres à l'arrosage ([1]).

Nous avons déterminé les propriétés physiques des limons au moyen d'un appareil de laboratoire construit en vue de nos recherches antérieures sur l'irrigation. La méthode consiste en principe à placer la terre à étudier dans un tube de laiton, fermé à la partie inférieure par une toile métallique fine, à l'humecter, puis à la ressuyer sur la même terre séchée à l'air. Pendant ces opérations, qui sont effectuées pendant des temps toujours les mêmes, la terre est soumise à une pression constante. De simples pesées permettent de déterminer :

La *densité apparente;*

La *porosité*, ou volume des espaces vides;

La *capacité pour l'eau*, c'est-à-dire l'eau d'imbibition qui demeure dans la terre ressuyée; on l'exprime *en volumes* ou *en poids;* elle mesure la réserve d'eau que la terre est capable d'emmagasiner pour la mettre à la disposition des plantes;

([1]) *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 329; t. 148, 1909, p. 1435, et t. 154, 1912, p. 481.

La *capacité pour l'air*, ou volume des espaces vides non occupés par l'eau dans la terre ressuyée; elle mesure le degré d'aération du sol, et les terres deviennent asphyxiantes lorsqu'elle est trop réduite.

On détermine enfin, sur la même masse de terre, la *perméabilité*, c'est-à-dire la vitesse avec laquelle l'eau s'y infiltre et la traverse.

Ces propriétés physiques sont très importantes à considérer pour les terres soumises à l'arrosage, dont elles règlent la fertilité plus que la composition chimique. L'irrigation ne donne satisfaction que dans les terres à capacités pour l'eau et pour l'air suffisantes et à perméabilité moyenne. Ces propriétés sont d'ailleurs déterminées par la constitution physique des sols.

A titre d'exemple, nous avions obtenu, pour certains de ces limons, la composition physique suivante :

		Sable			Limon			
	Gravier.	grossier.	moyen.	fin.	sableux.	fin.	très fin.	Argile.
Isère à Montmélian.	0	0,8	23,2	23,0	31,4	17,1	2,1	2,4
Isère à Grenoble...	0	0,3	4,2	3,9	16,7	40,6	30,3	4,0
Durance à Sisteron.	0	0	0,1	0	0,7	13,6	64,8	20,8
» à Mirabeau :								
Crue 2 juin 1912.	0	0	3,5	7,0	40,5	30,5	14,0	4,5
Crue 22 oct. 1912.	0	0,1	0,2	0,1	0,8	0,7	76,9	21,2

La détermination des propriétés physiques de ces limons nous a donné :

		Capacité			
	Porosité.	pour l'eau en volumes.	pour l'eau en poids.	pour l'air.	Perméabilité (1).
Isère à Montmélian...............	50,4	25,0	18,4	25,4	3,3
Isère à Grenoble.................	55,7	41,8	27,8	13,9	0,3
Durance à Sisteron...............	47,3	35,2	24,4	12,1	0,0004
Durance à Mirabeau :					
Crue du 2 juin 1912............	46,6	29,6	21,1	17,0	0,5
Crue du 22 octobre 1912........	50,6	45,7	35,2	4,9	0

C'est la perméabilité qui subit les plus grandes variations: notable pour les limons grossiers de l'Isère à Montmélian, elle devient faible pour les parties plus ténues qui restent encore en suspension à Grenoble. Ceux de la Durance sont le plus souvent presque tout à fait imperméables et les limons

(1) On exprime la perméabilité par la hauteur de la couche d'eau qui s'infiltre en un temps déterminé (centimètres par heure).

que charrient les canaux d'irrigation possèdent une imperméabilité absolue. En même temps, la capacité pour l'air diminue, quand les limons deviennent très ténus, et les plus fins formeraient des terres asphyxiantes. La capacité pour l'eau augmente avec la ténuité des éléments, mais ne devient jamais très élevée. Cette dernière propriété est surtout influencée par l'abondance de l'argile colloïdale, et, contrairement à l'opinion généralement admise, les limons sont généralement peu argileux.

En résumé, les limons fins transportés par les canaux d'irrigation constituent des sols de capacité pour l'eau moyenne, mais compacts, asphyxiants et imperméables. Ils tendent donc à communiquer ces derniers défauts aux terres irriguées.

Les matériaux transportés par les canaux peuvent former des masses considérables si la rivière à laquelle ils s'alimentent est très limoneuse. C'est le cas des canaux dérivés de la Durance. Pour le canal de Carpentras, par exemple, nous avons déterminé, d'après des échantillons prélevés par M. Prost, que l'eau d'irrigation apportait aux terres $0^{kg},967$ de limon par mètre cube, moyenne obtenue sur des prises d'échantillons effectuées tous les jours pendant 4 années consécutives, de 1903 à 1906. Si l'on admet que les terres reçoivent par an 31 arrosages de 800^{m^3}, l'eau d'arrosage dépose près de 24 tonnes de limon par an et par hectare, ce qui équivaut à une épaisseur de $1^{mm},7$, si l'on admet que la densité apparente du dépôt est de 1,4. On est donc amené à conclure que le niveau moyen du périmètre arrosé du canal de Carpentras serait surélevé de 17^{cm} par siècle [1].

Les apports de limons par certains canaux sont donc considérables et de nature à altérer fortement les propriétés physiques des terres irriguées. Cette action devient manifeste sur les canaux très anciens. Pour nous permettre de la mettre en lumière, M. Prost a prélevé des échantillons de terre sur le périmètre de quelques canaux de la région méditerranéenne de l'Espagne, dont la création remonte à l'époque de la domination des Maures. Il a prélevé en même temps des échantillons en des points voisins dont la terre était primitivement de même nature, mais n'a jamais été soumise à l'arrosage. Nous avons nous-mêmes prélevé des échantillons analogues sur le périmètre du canal de Saint-Julien, qui a sa prise dans la Durance et qui arrose les environs de Cavaillon depuis le xve siècle. Ils nous ont donné :

(1) M. Barois a calculé que les inondations périodiques du Nil déposaient chaque année une couche de limon atteignant 1^{mm} d'épaisseur (J. Barois, *L'irrigation en Égypte*).

Localités.	Indications relatives à l'arrosage.	Analyse physique. Limon sableux.	fin.	très fin.	Argile.	Propriétés physiques. Capacité pour l'eau en volumes.	en poids.	Capacité pour l'air.	Perméabilité.
Benimamet	Arrosé par l'Acequia Real de Moncada.	14,4	17,8	32,4	15,0	35,1	24,4	9,5	0,06
Id.	Non arrosé	30,9	16,8	16,0	7,5	24,2	15,6	17,3	0,46
Benifayo	Arrosé par l'Acequia Real del Jucar.	15,3	16,2	23,6	19,7	34,5	24,3	11,5	0,10
Id.	Non arrosé	20,3	17,1	13,7	10,3	27,5	19,0	16,7	0,42
Cavaillon	Arrosé par le canal de Saint-Julien.	6,3	10,6	41,2	12,3	»	»	»	0,3 (1)
Id.	Non arrosé	11,6	10,5	23,7	13,8	»	»	»	20,4 (1)

On voit que l'application prolongée d'arrosages par les eaux limoneuses accroît considérablement la proportion des éléments fins. Il en résulte que les terres deviennent plus compactes, moins aérées et surtout moins perméables. Nous avons montré antérieurement (2) qu'il fallait des quantités d'eau moins grandes pour effectuer l'arrosage des terres peu perméables. On peut donc faire des économies d'eau dans les terrains soumis depuis longtemps à l'arrosage par des eaux troubles. C'est d'ailleurs ce que l'expérience confirme.

Cette modification dans la constitution des terres n'est pas suivie d'un accroissement de leur fertilité : le limonage a plutôt, pour les bonnes terres, une influence défavorable; mais, comme il ne se produit qu'à la longue, et qu'en même temps, sur les vieux canaux, les cultivateurs ont acquis une expérience très approfondie de l'emploi de l'eau et de la pratique des cultures riches, cette influence n'est pas sensible.

Le limonage peut, au contraire, transformer des terres stériles en terres très productives, comme on le voit par l'exemple de la plaine de la Crau, où le colmatage a pour ainsi dire créé de toutes pièces des sols dont la fécondité tranche sur le reste de ce pays déshérité.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une série de surfaces et sur les équations de Laplace qui se reproduisent par une transformation (m, n) de M. Darboux.* Note (3) de M. C. **Guichard**.

Dans ma Note du 15 février (4) j'ai considéré deux séries de surfaces

$$(M),\quad (M'),\quad (M''),\quad \ldots \quad \text{et} \quad (C_1),\quad (C'_1),\quad (C''_1),\quad \ldots;$$

(1) La perméabilité a été déterminée par la mesure directe sur le terrain.

(2) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 481.

(3) Séance du 29 mars 1915.

(4) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 222.

ces surfaces sont rapportées à leurs lignes de courbure, les surfaces d'une série ont la même représentation sphérique; $(C_1^{(n)})$ est le lieu des centres des sphères osculatrices à la première série de lignes de courbure de $(M^{(n)})$; $(M^{(n+1)})$ possède la même propriété à l'égard de $(C^{(n)})$. Je vais étudier ces séries de surfaces. Le déterminant orthogonal du réseau M étant désigné par

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix},$$

ses rotations ont les valeurs suivantes :

$$a = \cos\theta \frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad m = \sin\theta \frac{\partial\varphi}{\partial u};$$
$$b = -\frac{\partial\theta}{\partial v} + \cos\theta \sin\varphi, \qquad n = \cos\varphi;$$

où φ et θ satisfont aux équations

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\theta}{\partial u} = 1, \\ &\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} = \sin\varphi \sin\theta \frac{\partial\varphi}{\partial u}. \end{aligned} \right.$$

Si l'on désigne par x_1, x_2, x_3 les coordonnées de M on devra avoir

$$\frac{\partial x_i}{\partial u} = h\beta_i, \qquad \frac{\partial h}{\partial v} = lm;$$
$$\frac{\partial x_i}{\partial v} = l\gamma_i, \qquad \frac{\partial l}{\partial u} = hn.$$

Il en résulte que les fonctions h qui correspondent à toutes les surfaces qui ont cette représentation sphérique satisfont à l'équation

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 h}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{m}\frac{\partial m}{\partial u}\frac{\partial h}{\partial v} + mnh.$$

Soit

$$\begin{vmatrix} \alpha'_1 & \alpha'_2 & \alpha'_3 \\ \beta'_1 & \beta'_2 & \beta'_3 \\ \gamma'_1 & \gamma'_2 & \gamma'_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal qui correspond à C_1. Ses rotations sont

$$a' = \cos\varphi \frac{\partial\theta}{\partial u}, \qquad m' = \sin\varphi \frac{\partial\theta}{\partial u},$$
$$b' = -\frac{\partial\varphi}{\partial v} - \cos\varphi \sin\theta, \qquad n' = -\cos\theta,$$

et l'on a

$$\alpha'_i = \cos\varphi\cos\theta\,\alpha_i + \cos\varphi\sin\theta\,\gamma_i - \sin\varphi\,\beta_i,$$
$$\beta'_i = -\sin\theta\,\alpha_i + \cos\theta\,\gamma_i.$$
$$\gamma'_i = \sin\varphi\cos\theta\,\alpha_i + \sin\varphi\sin\theta\,\gamma_i + \cos\varphi\,\beta_i.$$

Si y_1, y_2, y_3 sont les coordonnées de C_1 on aura

$$\frac{\partial y_i}{\partial u} = h'\beta'_i, \qquad \frac{\partial y_i}{\partial v} = l'\gamma'_i$$

et la fonction h' est solution de l'équation

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 h'}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{m'}\frac{\partial m'}{\partial u}\frac{\partial h'}{\partial v} + m'n'h'.$$

D'autre part, le point C_1 étant dans le plan normal à la première ligne de courbure de M, on aura

$$y_i = x_i + \rho\alpha_i + r\gamma_i.$$

On en déduit facilement les valeurs suivantes de r et ρ :

$$\rho = -\cos\theta\left(\frac{h}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}}\right) + \sin\theta\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{h}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}}\right),$$
$$r = -\sin\theta\left(\frac{h}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}}\right) - \cos\theta\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{h}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}}\right);$$

ce qui donne la valeur suivante de h'

$$(4) \qquad h' = -\frac{1}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}}\left(\frac{h}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}}\right) - \frac{\partial^2\varphi}{\partial u^2}\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{h}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}}\right) - \frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial^2}{\partial u^2}\left(\frac{h}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}}\right).$$

Si l'on pose pour simplifier

$$h = \lambda\frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad h' = \lambda'\frac{\partial\theta}{\partial u} = \frac{\lambda'}{\frac{\partial\varphi}{\partial u}},$$

la relation (4) s'écrit

$$(5) \qquad \lambda' = -\lambda - \frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial^2\varphi}{\partial u^2}\frac{\partial\lambda}{\partial u} - \left(\frac{\partial\varphi}{\partial u}\right)^2\frac{\partial^2\lambda}{\partial u^2};$$

λ et λ' sont des solutions des équations

$$(6) \qquad \frac{\partial^2\lambda}{\partial u\,\partial v} = -\sin\varphi\sin\theta\frac{\partial\lambda}{\partial u} + \frac{\cos\theta}{\sin\theta}\frac{\partial\theta}{\partial u}\frac{\partial\lambda}{\partial v},$$

$$(7) \qquad \frac{\partial^2\lambda'}{\partial u\,\partial v} = \sin\varphi\sin\theta\frac{\partial\lambda'}{\partial u} + \frac{\cos\varphi}{\sin\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\lambda'}{\partial v}.$$

A chaque solution λ de l'équation (6), la formule (5) fait correspondre une solution λ' de l'équation (7). Nous avons ainsi une expression $[m, n]$ de M. Darboux. Il est facile d'en trouver la nature. Il faut pour cela trouver les solutions λ de l'équation (6) qui annulent λ'. Or, si λ' est nul, il en est de même de h', la surface (C_1) se réduit à un point, la surface (M) est une sphère, par conséquent

$$h = a = \cos\theta \frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad \lambda = \cos\theta.$$

Il n'y a donc qu'une seule solution de l'équation (6) qui réduise λ' à zéro; par conséquent λ' peut être réduit au premier ordre par une transformation de Laplace. On vérifie facilement, en effet, que si l'on fait sur l'équation (6) la transformation de Laplace

$$(8) \qquad L = \lambda + \alpha \frac{\partial\lambda}{\partial u}, \qquad \alpha = -\frac{\sin\theta}{\cos\theta \frac{\partial\theta}{\partial u}} = -\frac{\sin\theta}{\cos\theta} \frac{\partial\varphi}{\partial u},$$

on a bien, en tenant compte des équations (1),

$$(9) \qquad \lambda' = -L + \frac{\cos\theta}{\sin\theta} \frac{\partial\varphi}{\partial u} \frac{\partial L}{\partial u}.$$

Le passage de la surface (C_1) à la surface (M') se fait de la même manière que le passage de (M) à (C_1). Il en résulte que si λ_1 désigne la valeur de λ qui correspond à la surface (M'), on aura

$$(10) \qquad \lambda_1 = \lambda + B\frac{\partial\lambda}{\partial u} + C\frac{\partial^2\lambda}{\partial u^2} + D\frac{\partial^3\lambda}{\partial u^3} + E\frac{\partial^4\lambda}{\partial u^4},$$

B, C, D, E étant des fonctions de u et v qu'il est inutile de calculer. La surface (M') ayant même représentation sphérique que la surface (M), λ_1 sera solution de l'équation (6). λ_1 *est donc une expression* (m, n) *qui transforme l'équation* (6) *en elle-même.* Il résulte de ce qui précède que cette expression peut être réduite au deuxième ordre par deux transformations de Laplace; il existe donc deux solutions, linéairement distinctes, de l'équation (6) qui rendent λ_1 égal à zéro. Il est facile de trouver ces deux solutions : il y a d'abord la solution $\lambda = \cos\theta$ qui annule λ' et par suite λ_1; il y a ensuite la solution λ qui donne $\lambda' = \cos\varphi$ et qui correspond au cas où la surface (C_1) se réduit à une sphère, solution qu'on peut obtenir par une quadrature.

Je considère au lieu de λ_1 l'expression suivante :

$$(11) \qquad F(\lambda) = A\lambda + B\frac{\partial\lambda}{\partial u} + C\frac{\partial^2\lambda}{\partial u^2} + D\frac{\partial^3\lambda}{\partial u^3} + E\frac{\partial^4\lambda}{\partial u^4},$$

où A est une fonction quelconque de u et v et où B, C, D, E ont les mêmes valeurs que dans l'expression (10).

Je vais chercher si cette expression peut se réduire au troisième ordre à l'aide de la transformation (8), c'est-à-dire si l'on peut trouver P, Q, R, S tels que

$$F(\lambda) = PL + Q\frac{\partial L}{\partial u} + R\frac{\partial^2 L}{\partial u^2} + S\frac{\partial^3 L}{\partial u^3}.$$

Si l'on fait l'identification et si l'on élimine P, Q, R, S entre ces équations, on trouve une relation linéaire homogène entre A, B, C, D, E.

Le coefficient de A dans cette relation est un déterminant dont tous les éléments de la diagonale sont égaux à α, tous les éléments à gauche de la diagonale sont nuls; si donc B, C, D, E sont donnés, la relation ne peut être satisfaite que pour une seule valeur de A. Nous savons qu'elle est satisfaite pour $A = 1$, *elle ne peut être satisfaite pour d'autres valeurs.*

Maintenant, puisque l'équation (6) admet les solutions λ et λ_1, elle admet la solution

$$\lambda_1 - K\lambda,$$

K étant une constante; cette expression est de la forme $F(\lambda)$, où A a la valeur $1 - K$. D'après ce qui précède, cette expression ne peut pas être réduite au troisième ordre. Donc :

Si K *n'est pas nul, il y a quatre solutions, linéairement distinctes, de l'équation* (6) *qui se reproduisent au facteur* K *près par la transformation* (10).

Au point de vue géométrique, *la surface* (M′) *est homothétique à la surface* M.

Le cas particulier où $K = 1$ mérite une mention particulière. On a alors quatre solutions linéairement distinctes de l'équation (6) pour lesquelles $\lambda_1 = \lambda$. La surface (M′) est égale à la surface (M), et comme elles sont orientées de la même façon, *on passe de* (M) *à* (M′) *par une translation.*

Parmi ces solutions particulières, il en est une qui est évidente, c'est la solution $\lambda = 1$, qui correspond à $h = \frac{\partial \varphi}{\partial u}$. Dans ce cas, le rayon de courbure de la première ligne de courbure de (M) est égal à l'unité. Les courbes décrites par M et C_1, quand u varie seul, sont telles que chacune d'elles est le lieu des centres de courbure de l'autre. On montre facilement qu'on obtient ainsi toutes les surfaces possédant cette propriété. La surface (M′) coïncide alors avec la surface (M). On détermine ainsi toutes les surfaces qui possèdent la propriété suivante :

Les lignes de courbure d'une série ont leur courbure constante, la valeur de la constante étant la même pour toutes les lignes de la série. (On laisse de côté le cas où les lignes de la série sont formées de cercles égaux.)

Remarque. — La méthode que j'ai développée dans le cas d'une expression (m, n) d'ordre 4 peut s'étendre aux expressions d'ordre quelconque. On peut énoncer le résultat suivant. Soit

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = P \frac{\partial \theta}{\partial u} + Q \frac{\partial \theta}{\partial v} \tag{12}$$

une équation dont la suite de Laplace est illimitée et

$$\theta_1 = A\theta + A_1 \frac{\partial \theta}{\partial u} + A_2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial u^2} + \ldots + A_n \frac{\partial^n \theta}{\partial u^n}, \tag{13}$$

telle qu'à toute solution θ de l'équation (12) corresponde une solution θ_1 de la même équation. Il y aura, *en général*, n solutions linéairement distinctes de l'équation (12) telles que

$$\theta_1 = K\theta,$$

K étant une constante, et s'il y a exception, c'est-à-dire si le nombre n se réduit, cela ne pourra se présenter que *pour une seule valeur de la constante* K.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le benzofulvanol et le benzofulvène.* Note (¹) de MM. V. Grignard et Ch. Courtot (²).

Nous avons fait connaître précédemment (³) une méthode très générale de synthèse d'hydrocarbures colorés qui a pour point de départ la condensation des magnésiens du cyclopentadiène, de l'indène et du fluorène avec les aldéhydes et les cétones. On obtient ainsi des alcools secondaires et tertiaires que nous avons appelés *fulvanols*, *benzofulvanols* et *dibenzo-*

(¹) Séance du 12 avril 1915.

(²) Communication faite au Congrès de l'A. F. A. S., Le Havre, 1914.

(³) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 272, 1493; t. 154, 1912, p. 361; t. 158, 1914, p. 1763.

fulvanols :

CH=CH, CH=CH, CH, R_1R_2COH — CH, CH, CH, R_1R_2COH — CH, R_1R_2COH

Ceux-ci, par déshydratation, donnent les hydrocarbures correspondants, *fulvènes*, *benzofulvènes* et *dibenzofulvènes*. Tous ces hydrocarbures, colorés dans la gamme du jaune au rouge, peuvent être considérés théoriquement comme dérivant des trois types fondamentaux ci-dessous :

CH=CH, CH=CH, C=CH² — CH, CH, C=CH² — C=CH²

Fulvène. Benzofulvène. Dibenzofulvène.

par substitution de l'un ou des deux atomes d'hydrogène méthéniques.

De ces trois prototypes, un seul, jusqu'à présent, paraît être connu, c'est le dibenzofulvène, découvert par Manchot et Krische (¹); encore les propriétés décrites pour ce corps permettent-elles de concevoir quelques doutes sur sa véritable constitution. Cet hydrocarbure devrait être, en effet, le moins coloré des trois; or, c'est le contraire qui a lieu : il se présente en cristaux rouge-orangé, fusibles sans netteté à 104°-106°. Le terme le plus simple, le fulvène, a été seulement entrevu par Thiele (²) qui l'a décrit comme une huile jaune, très oxydable; son avidité pour l'oxygène est telle, en effet, que l'auteur n'a pu indiquer aucune constante.

Il était à prévoir que le benzofulvène serait un peu plus stable que le précédent et qu'avec quelques précautions, il serait possible de l'isoler. Nous y sommes arrivés, en effet, en faisant réagir le magnésien de l'indène sur le trioxyméthylène, ce qui nous a conduits au benzofulvanol que nous avons pu déshydrater catalytiquement.

Benzofulvanol. — Si l'on fait réagir le trioxyméthylène rigoureusement sec sur le bromomagnésien indénique, préparé comme nous l'avons vu anté-

(¹) *Lieb. Ann.*, t. 337, 1904, p. 196.
(²) *D. ch. Ges.*, 1900, p. 666. — THIELE et BALHORN, *Lieb. Ann.*, t. 348, 1906, p. 1.

rieurement et laissé en suspension dans la liqueur toluénique de formation, on obtient toujours un mélange d'alcool et d'hydrocarbure. Cet inconvénient paraît tenir à ce que l'alcool est soumis trop longtemps à l'action de la chaleur pendant l'élimination du toluène.

Pour obtenir de bons résultats, il faut modifier un peu les conditions opératoires. Quand le magnésien indénique est précipité à l'état pulvérulent dans le toluène (1), on laisse reposer et l'on siphonne le liquide, puis on lave rapidement le magnésien une ou deux fois à l'éther anhydre (2) et, finalement, on le met en suspension dans l'éther anhydre. On ajoute alors la quantité correspondante de trioxyméthylène bien sec et l'on chauffe, à reflux, pendant 5 heures environ, en agitant constamment au moyen de l'agitateur mécanique décrit par l'un de nous (3) et en maintenant l'appareil en charge d'hydrogène sec pour éviter toute oxydation. Le précipité finit par disparaître totalement.

On hydrolyse sur de la glace additionnée de chlorhydrate d'ammoniac et d'ammoniaque pour dissoudre la magnésie (Klages). La solution éthérée, incolore, est lavée plusieurs fois à l'eau distillée, puis séchée sur le sulfate de sodium anhydre. On distille alors l'éther en ayant soin que la température du bain-marie ne dépasse pas 50°. Le résidu très peu coloré est constitué uniquement par du benzofulvanol, représentant ainsi un rendement de 85 pour 100; mais en le distillant, même sous un bon vide, il s'en résinifie une portion notable et le rendement en produit pur, distillé, tombe à 70 pour 100.

Le benzofulvanol passe intégralement à 134°, sous 10^{mm}. C'est un liquide visqueux, à odeur de rose (4), parfaitement incolore.

L'analyse a donné les résultats suivants :

	Trouvé.	Calculé pour $C^{10}H^{10}O$.
C	82,1	82,2
H	6,7	6,8

Il fixe 2^{at} de brome, en solution chloroformique, mais nous n'avons pu isoler le dibromure à l'état de pureté.

(1) On obtient ce résultat en agitant énergiquement, dans une atmosphère d'hydrogène sec, pendant le refroidissement de la liqueur toluénique où il a pris naissance.

(2) Cette opération se réalise facilement au moyen d'un siphon à robinet et à entonnoir, monté sur un bouchon qui s'adapte au ballon-laboratoire et qui porte un deuxième tube par lequel on fait arriver de l'hydrogène sec. La perte par solubilité dans le toluène et dans l'éther est peu importante.

(3) V. Grignard, *Bull. Soc. chim.*, 1913, p. 952.

(4) Cette odeur est à rapprocher du fait que cet alcool peut être considéré comme un alcool phényléthylique primaire substitué.

Nous devons considérer cet alcool comme l'*α-benzofulvanol*, en raison de son mode de préparation et aussi parce que sa déshydratation régulière le transforme en benzofulvène :

$$C_6H_4 \langle\, CH=CH,\ CH\!-\!CH^2OH \,\rangle \rightarrow C_6H_4 \langle\, CH=CH,\ C\!=\!CH^2 \,\rangle$$

C'est d'ailleurs un corps assez peu stable; par conservation prolongée, il devient de plus en plus visqueux et se colore fortement en jaune : il se produit, sans doute, à la fois, une déshydratation et une polymérisation.

Benzofulvène. — Aussi lorsqu'on soumet le benzofulvanol à l'action des déshydratants habituels, chlorure de zinc, acide sulfurique, bisulfate de potassium, dans les conditions les plus variées de concentration et de température, on n'aboutit qu'à des résines.

Nous avons cependant réussi à le déshydrater presque quantitativement en appliquant, dans le vide, la méthode catalytique de Senderens.

L'appareil se compose d'un petit ballon de Wurtz dont la tubulure latérale, réduite à une longueur de 4^{cm} ou 5^{cm}, a été redressée horizontalement et adaptée directement, par un bouchon, à un bout de tube à analyses organiques, de 30^{cm} de longueur environ, continué lui-même par un tube plus étroit débouchant dans un second ballon de Wurtz qui sert de récepteur et de prise de vide. On place le benzofulvanol dans le premier ballon et l'on raccorde la rentrée d'air habituelle à un appareil à gaz carbonique sec. Le tube de Bohême, préalablement garni d'alumine desséchée, exempte d'alcalis, est entouré d'un manchon de toile métallique et chauffé vers 250°. On fait un vide de 15^{mm} à 20^{mm} et l'on distille comme à l'ordinaire.

Le liquide distillé possède une belle couleur jaune d'or et cristallise immédiatement. Rapidement débarrassé d'une trace d'huiles par compression entre deux feuilles de papier-filtre, le nouveau corps se présente en paillettes jaune-verdâtre, fusibles à 37°; il a une odeur forte rappelant celle du naphtalène, dont il est d'ailleurs un isomère. Il ne réagit plus sur un organomagnésien, ce qui indique qu'il ne retient pas d'alcool primitif; il fixe avidement le brome et absorbe rapidement l'oxygène, phénomène déjà observé par Thiele sur ses fulvènes. Aussi, pour le conserver, doit-on sceller immédiatement à la lampe le ballon dans lequel on l'a recueilli.

Même dans ces conditions, il se polymérise assez rapidement et se trans-

forme en une masse vitreuse, très dure, d'un beau jaune, rappelant la colophane. Quand on le chauffe, ce polymère prend une teinte de plus en plus foncée qui passe au rouge-brun; il devient pâteux vers 180°, sans fondre nettement.

Quand on place le benzofulvène dans le vide sulfurique, il y possède une forte tension de vapeur et l'acide ne tarde pas à prendre une belle teinte rouge; il s'agit là d'un phénomène d'halochromie qui disparaît par addition d'eau. D'ailleurs, au bout de 2 heures environ, le benzofulvène, placé dans les conditions précédentes, est complètement polymérisé. C'est sur ce polymère qu'a été faite l'analyse :

	Trouvé.	Calculé pour $(C^{10}H^{8})^{n}$.
C....................	93,2	93,8
H....................	6,6	6,2

Elle témoigne que, malgré les précautions prises, il y a eu déjà absorption d'un peu d'oxygène. Quant au poids moléculaire, il n'a pas été possible de le déterminer, en raison de la faible solubilité de ce polymère dans les dissolvants convenables.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes partiels linéaires composés d'équations en nombre égal à celui de leurs fonctions inconnues.* Note de M. **Riquier**, présentée par M. Appell.

I. Si l'on considère un système d'équations aux dérivées partielles, composé d'équations en nombre égal à celui des fonctions inconnues qui s'y trouvent engagées, et présentant la forme linéaire par rapport à l'ensemble des fonctions inconnues et de leurs dérivées, on sait qu'il n'est pas toujours possible de le ramener, par le changement des variables indépendantes, à la forme kowaleskienne : ce fait, constaté à l'aide d'exemples, dépend, comme nous allons l'indiquer, d'une condition simple, à la fois nécessaire et suffisante.

Supposons, pour fixer les idées, que le système dont il s'agit se compose de trois équations, et qu'il implique trois fonctions inconnues, u, v, w, des

variables indépendantes $x, y, \ldots$, en nombre quelconque, les coefficients de ces inconnues et de leurs dérivées, ainsi que les termes indépendants, étant des fonctions données de $x, y, \ldots$. Désignant par m, n, p les ordres respectifs du système par rapport à u, v, w, nous mettrons en évidence, dans chaque équation, trois groupes de termes comprenant respectivement les dérivées d'ordre m de u, les dérivées d'ordre n de v, les dérivées d'ordre p de w; notre système se trouvera ainsi représenté à l'aide des formules

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \displaystyle\sum_{\alpha+\beta+\ldots=m} U^{(i)}_{\alpha,\beta,\ldots}\frac{\partial^m u}{\partial x^\alpha\,\partial y^\beta\ldots} \\ \displaystyle+\sum_{\alpha'+\beta'+\ldots=n} V^{(i)}_{\alpha',\beta',\ldots}\frac{\partial^n v}{\partial x^{\alpha'}\,\partial y^{\beta'}\ldots}+\sum_{\alpha''+\beta''+\ldots=p} W^{(i)}_{\alpha'',\beta'',\ldots}\frac{\partial^p w}{\partial x^{\alpha''}\,\partial y^{\beta''}\ldots}+\ldots=0 \\ \qquad (i=1,2,3), \end{array}\right.$$

où les lettres U, V, W, affectées d'indices, désignent, d'après ce qui a été dit plus haut, des fonctions données de $x, y, \ldots$. Nous déduirons de là, à l'aide d'un mécanisme évident, le déterminant

$$(2)\quad \begin{vmatrix} \displaystyle\sum_{\alpha+\beta+\ldots=m} U^{(1)}_{\alpha,\beta,\ldots}X^\alpha Y^\beta\ldots & \displaystyle\sum_{\alpha'+\beta'+\ldots=n} V^{(1)}_{\alpha',\beta',\ldots}X^{\alpha'}Y^{\beta'}\ldots & \displaystyle\sum_{\alpha''+\beta''+\ldots=p} W^{(1)}_{\alpha'',\beta'',\ldots}X^{\alpha''}Y^{\beta''}\ldots \\ \displaystyle\sum_{\alpha+\beta+\ldots=m} U^{(2)}_{\alpha,\beta,\ldots}X^\alpha Y^\beta\ldots & \displaystyle\sum_{\alpha'+\beta'+\ldots=n} V^{(2)}_{\alpha',\beta',\ldots}X^{\alpha'}Y^{\beta'}\ldots & \displaystyle\sum_{\alpha''+\beta''+\ldots=p} W^{(2)}_{\alpha'',\beta'',\ldots}X^{\alpha''}Y^{\beta''}\ldots \\ \displaystyle\sum_{\alpha+\beta+\ldots=m} U^{(3)}_{\alpha,\beta,\ldots}X^\alpha Y^\beta\ldots & \displaystyle\sum_{\alpha'+\beta'+\ldots=n} V^{(3)}_{\alpha',\beta',\ldots}X^{\alpha'}Y^{\beta'}\ldots & \displaystyle\sum_{\alpha''+\beta''+\ldots=p} W^{(3)}_{\alpha'',\beta'',\ldots}X^{\alpha''}Y^{\beta''}\ldots \end{vmatrix}$$

forme algébrique de degré $m+n+p$ en X, Y, ..., ayant elle-même pour coefficients des fonctions données de $x, y, \ldots$.

Cela étant, et *des valeurs initiales déterminées*, $x_0, y_0, \ldots$, *ayant été choisies pour les variables indépendantes* $x, y, \ldots$, *pour que le système* (1) *soit, par un changement des variables, réductible à la forme kowaleskienne, il faut et il suffit qu'en introduisant dans les fonctions* U, V, W *l'hypothèse numérique initiale*

$$x, y, \ldots = x_0, y_0, \ldots,$$

la forme algébrique (2) *ne devienne pas identiquement nulle, quels que soient* X, Y, ...

II. Supposons actuellement que les coefficients du système (1) et les fonctions u, v, w qui s'y trouvent engagées ne dépendent que de deux

variables x, y; supposons, de plus, que les équations (1) ne contiennent, outre les termes indépendants de u, v, w et de leurs dérivées, que les dérivées d'ordre m de u, les dérivées d'ordre n de v et les dérivées d'ordre p de w, à l'exclusion des dérivées d'ordres respectivement inférieurs et des fonctions inconnues elles-mêmes; supposons enfin que les dérivées de u, v, w d'ordres respectifs m, n, p y aient pour coefficients des constantes. Le système (1) est alors de la forme

$$(3)\quad \left\{ \sum_{\mu=0}^{\mu=m} a_{i,\mu} \frac{\partial^m u}{\partial x^{m-\mu}\,\partial y^{\mu}} + \sum_{\nu=0}^{\nu=n} b_{i,\nu} \frac{\partial^n v}{\partial x^{n-\nu}\,\partial y^{\nu}} + \sum_{\varpi=0}^{\varpi=p} c_{i,\varpi} \frac{\partial^p w}{\partial x^{p-\varpi}\,\partial y^{\varpi}} = G_i(x, y) \qquad (i = 1, 2, 3), \right.$$

où $G_i(x, y)$ désigne une fonction donnée de x, y, et les lettres a, b, c, affectées d'indices, des constantes données; il en résulte, pour la forme algébrique (2), dont les coefficients, en pareil cas, se réduisent eux-mêmes à des constantes, l'expression

$$(4)\quad \begin{vmatrix} \sum_{\mu=0}^{\mu=m} a_{1,\mu} X^{m-\mu} Y^{\mu} & \sum_{\nu=0}^{\nu=n} b_{1,\nu} X^{n-\nu} Y^{\nu} & \sum_{\varpi=0}^{\varpi=p} c_{1,\varpi} X^{p-\varpi} Y^{\varpi} \\ \sum_{\mu=0}^{\mu=m} a_{2,\mu} X^{m-\mu} Y^{\mu} & \sum_{\nu=0}^{\nu=n} b_{2,\nu} X^{n-\nu} Y^{\nu} & \sum_{\varpi=0}^{\varpi=p} c_{2,\varpi} X^{p-\varpi} Y^{\varpi} \\ \sum_{\mu=0}^{\mu=m} a_{3,\mu} X^{m-\mu} Y^{\mu} & \sum_{\nu=0}^{\nu=n} b_{3,\nu} X^{n-\nu} Y^{\nu} & \sum_{\varpi=0}^{\varpi=p} c_{3,\varpi} X^{p-\varpi} Y^{\varpi} \end{vmatrix}.$$

Cela étant, et *la forme algébrique* (4) *étant supposée non identiquement nulle, l'intégration du système* (3) *se ramène à des quadratures.*

NOMOGRAPHIE. — *De l'anamorphose circulaire.* Note de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Appell.

Définition. — L'anamorphose de Lalanne a pour objet de chercher si et comment une équation à trois variables $E(z_1, z_2, z_3) = 0$, que j'écrirai $E_{123} = 0$, peut être représentée par un abaque formé de droites. La solution de ce problème est intimement liée à ma notion de l'ordre nomographique [1].

---

(1) *L'anamorphose et l'ordre nomographique* (*Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1914).

Généralisant cette anamorphose, qu'on pourrait appeler *linéaire*, je définis anamorphose *circulaire* celle qui a pour objet de chercher si et comment $E_{123} = 0$ peut être représentée par un abaque formé de cercles.

But de cette Note. — Je me propose : 1° de déterminer une forme canonique, c'est-à-dire telle que, si l'on suppose $E_{123} = 0$ réduite à cette forme, il existe une méthode réalisant l'anamorphose circulaire, ou montrant qu'elle est impossible; 2° d'exposer une telle méthode.

Forme générale des équations. — Soient

$$\varepsilon_n(x^2+y^2+2xy\cos\theta)+\frac{x}{l}f_n+\frac{y}{m}g_n+\frac{1}{p}h_n=0 \qquad (n=1, 2, 3)$$

les équations des cercles; ε_1, ε_2, ε_3 figurent les nombres 0 ou 1. Posons

$$D=|f_n g_n h_n| \qquad D_f=|\varepsilon_n g_n h_n| \qquad D_g=|f_n \varepsilon_n h_n| \qquad D_h=|f_n g_n \varepsilon_n|.$$

La règle de Cramer donne

$$x^2+y^2+2xy\cos\theta=\frac{-D}{pD_h}, \qquad \frac{x}{l}=\frac{D_f}{pD_h}, \qquad \frac{y}{m}=\frac{D_g}{pD_h},$$

d'où la forme générale [1] :

$$l^2D_f^2+m^2D_g^2+nD_fD_g+pD_hD=0, \tag{1}$$

avec $|n|<|2lm|$. On aura réalisé l'anamorphose circulaire d'une équation si on l'a réduite à cette forme, la disjonction des variables étant *effectivement* opérée par les déterminants D, D_f, D_g, D_h dont le premier fournit les équations des cercles.

Forme canonique. — La relation (1) est de la forme

$$F_{123}^2+G_{123}^2+H_{123}=0, \tag{2}$$

où F_{123}, G_{123} peuvent être ordonnés nomographiquement. Telle est la forme canonique cherchée.

La méthode pour l'anamorphoser, ou constater que l'anamorphose est impossible, est basée sur la règle suivante, qui généralise, pour les *fonctions*

---

(1) Cette méthode d'élimination, appliquée aux équations

$$(x^2+y^2)+xf_n+yg_n+h_n=0,$$

donne de suite la relation suivante, établie différemment par M. d'Ocagne :

$$D_f^2+D_g^2+D_hD=0.$$

ordonnées

$$F_{123} = f_{12} f_3 + g_{12} g_3 + h_{12} h_3,$$

la règle de Clark pour les *équations* ordonnées $F_{123} = 0$: la disjonction des variables de F_{123} est possible si l'élimination de z_1, puis de z_2, entre les équations

$$x = \frac{f_{12}}{h_{12}}, \qquad y = \frac{g_{12}}{h_{12}},$$

donne deux équations linéaires en x et y

$$x f_n + y g_n + h_n = 0 \qquad (n = 1, 2).$$

Cette disjonction est alors

$$F_{123} = k\, |f_n g_n h_n| \qquad (n = 1, 2, 3).$$

Cela étant, pour que l'anamorphose circulaire de la forme canonique (2) soit possible, il faut et il suffit :

1° Qu'en ordonnant F_{123} et G_{123}, on obtienne des formes telles que

$$F_{123} = f_{12} \varepsilon_3 + g_{12} g_3 + h_{12} h_3, \qquad G_{123} = \varphi_{12} f_3 + \psi_{12} \varepsilon_3 + \xi_{12} h_3;$$

2° Qu'on puisse opérer la disjonction des variables de ces fonctions ordonnées, ce qu'on reconnaîtra en appliquant la règle ci-dessus;

3° Que ces disjonctions soient de la forme

$$F_{123} = l\, |\varepsilon_n g_n h_n|, \qquad G_{123} = m\, |f_n \varepsilon_n h_n|$$

(s'il en est ainsi, on en déduira les déterminants D et D_h);

4° Qu'il existe deux nombres n et p (avec $|n| < |2\, lm|$) tels que

$$H_{123} = n D_f D_g + p D_h D.$$

Forme canonique dans le cas de deux faisceaux de droites et un faisceau de cercles. — On a dans ce cas

$$D = D_f f_3 + D_g g_3 + D_h h_3,$$

D_f, D_g, D_h étant des fonctions de z_1 et z_2. La relation (1) peut donc s'écrire

$$l^2 \frac{D_f^2}{D_h^2} + m^2 \frac{D_g^2}{D_h^2} + n \frac{D_f}{D_h} \frac{D_g}{D_h} + p \left(\frac{D_f}{D_h} f_3 + \frac{D_g}{D_h} g_3 + h_3 \right) = 0,$$

d'où la forme canonique suivante, où $|r|$ est inférieur à 1 :

$$F_{12}^2 + G_{12}^2 + 2 r F_{12} G_{12} + F_{12} f_3 + G_{12} g_3 + h_3 = 0.$$

Pour que l'anamorphose circulaire soit possible, il faut et il suffit que, si l'on pose

$$x = F_{12}, \qquad y = G_{12},$$

l'élimination de z_1, puis de z_2, donne deux relations linéaires en x et y. C'est le cas, par exemple, lorsque F_{12} et G_{12} sont de la forme

$$F_{12} = \frac{a_0 f_1 f_2 + a_1 f_1 + a_2 f_2 + a_3}{c_0 f_1 f_2 + c_1 f_1 + c_2 f_2 + c_3}, \qquad G_{12} = \frac{b_0 f_1 f_2 + b_1 f_1 + b_2 f_2 + b_3}{c_0 f_1 f_2 + c_1 f_1 + c_2 f_2 + c_3}.$$

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la figure piriforme d'équilibre d'une masse fluide.* Note (¹) de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Proposons-nous de rechercher directement, en suivant les méthodes de Poincaré, si la section par un plan de symétrie de la figure piriforme d'équilibre pour une masse fluide en rotation présente des points d'inflexion, comme le croyait Poincaré (²), tandis que le calcul qu'a fait G.-H. Darwin (³) par des méthodes différentes fait prévoir le contraire.

Soient a, b, o les axes de l'ellipsoïde de référence, α la constante positive et inférieure à b telle que la fonction $R = \rho(\rho^2 - \alpha)$ soit une fonction de Lamé correspondant à la valeur $n = 3$ du paramètre de l'équation différentielle, et A, B, C, $(A < B < C)$ les axes du jacobien critique correspondant. Le déplacement normal à partir d'un point xyz de ce jacobien est, en première approximation,

$$\zeta = \varepsilon z \left(\frac{x^2}{\alpha - a^2} + \frac{y^2}{\alpha - b^2} + \frac{z^2}{\alpha} - 1 \right),$$

où ε est une constante arbitraire, mais petite.

On en déduit les coordonnées X, Z, d'un point de la section de la figure piriforme par le plan des xz :

$$X = x + \frac{\varepsilon C x z}{A} \left(\frac{C^2}{A^2} x^2 + \frac{A^2}{C^2} z^2 \right)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{x^2}{\alpha - a^2} + \frac{z^2}{\alpha} - 1 \right),$$

et une expression analogue pour Z. En introduisant l'anomalie excen-

(¹) Séance du 12 avril 1915.

(²) *Figures d'équilibre d'une masse fluide*, p. 161, et *Mémoire* du Tome 7 des *Acta mathematica*.

(³) *Scientific Papers*, Vol. 3 : *On the pear-shaped figure of equilibrium of a rotating mass of liquid.*

trique φ de l'ellipse méridienne :

$$X = \cos\varphi(A + CH\sin\varphi),$$
$$Z = \sin\varphi(C + AH\sin\varphi),$$
$$H = C\varepsilon\left(\frac{A^2\cos^2\varphi}{\alpha - a^2} + \frac{C^2\sin^2\varphi}{\alpha} - 1\right)(C^2\cos^2\varphi + A^2\sin^2\varphi)^{-\frac{1}{2}}.$$

Les valeurs des diverses constantes ont été données par Darwin

$$A^2 = 0{,}42, \qquad C^2 = 3{,}53, \qquad a^2 = 3{,}11, \qquad \alpha = 1{,}76,$$

le volume du Jacobien étant égal à $\frac{4\pi}{3}$.

D'autre part, Darwin a remarqué que la distance du sommet du grand axe du Jacobien au sommet du piroïde devait être inférieure à la différence entre ce grand axe C et le z des points de rencontre de la section du piroïde avec l'ellipse principale. Cette inégalité permet d'assigner comme limite supérieure à ε la valeur $+0{,}25$. Il est alors facile de voir que l'expression

$$\frac{dZ}{d\varphi}\frac{d^2X}{d\varphi^2} - \frac{dX}{d\varphi}\frac{d^2Z}{d\varphi^2}$$

ne peut s'annuler. Si on la calcule, on remarquera en effet qu'elle se compose de trois termes : le premier est constant; le second, toujours positif, contient ε^2 en facteur, il sera donc petit; le troisième, qui contient ε en facteur, a un minimum négatif, pour $\cos^2\varphi = 0{,}248$, et sa valeur est alors $-6{,}71\,\varepsilon$. Même dans ce cas extrême, et pour la valeur extrême $\varepsilon = 0{,}25$, l'expression totale est encore positive, étant égale à $+0{,}21$. Il ne peut donc y avoir de points d'inflexion, et les calculs de Poincaré, poussés jusqu'au bout, conduisent bien au résultat de Darwin.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Modification des figures ellipsoïdales d'équilibre d'une masse fluide en rotation sous l'action de la pression capillaire.* Note de M. **B. Globa-Mikhaïlenko**, présentée par M. Appell.

1° Imaginons une masse fluide en rotation uniforme autour de OX, dont les particules s'attirent suivant la loi de Newton et à la surface de laquelle agit une pression capillaire proportionnelle à la courbure moyenne de la surface. Si U est la fonction des forces, nous aurons les conditions d'équilibre :

A l'intérieur

$$p = U + \text{const.};$$

A la surface

$$p_0 = \alpha = U + \text{const.},$$

α désignant la pression capillaire.

Supposons que E_0 soit l'ellipsoïde qu'affecterait notre masse fluide comme figure d'équilibre sans la pression capillaire. Ajoutant la pression capillaire α que nous supposons infiniment petite, la figure ellipsoïdale d'équilibre se déformera, et nous pouvons obtenir cette déformation en ajoutant à l'ellipsoïde E_0 une couche homogène d'épaisseur ζ. Employant les notations de Poincaré (*Figures d'équilibre d'une masse fluide*), nous développons $\zeta : l$ en une série de fonctions de Lamé, ce qui donne

$$\zeta = l\,\Sigma a_i M_i N_i.$$

Supposons encore que, la déformation étant infiniment petite, la courbure moyenne sur la nouvelle surface soit la même fonction des angles polaires que sur l'ellipsoïde E_0; nous aurons

$$\alpha = -\mu R_1 R_2 R_3 (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 - x^2 - y^2 - z^2)\left[\frac{R_2^2 R_3^2}{R_1^2} x^2 + \frac{R_1^2 R_3^2}{R_2^2} y^2 + \frac{R_1^2 R_2^2}{R_3^2} z^2\right]^{-\frac{3}{2}}$$

$$= -\mu R_1 R_2 R_3 \frac{R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 - R_1^2 \cos^2\theta - R_2^2 \sin^2\theta \sin^2\varphi - R_3^2 \sin^2\theta \cos^2\varphi}{[R_2^2 R_3^2 \cos^2\theta + R_1^2 R_3^2 \sin^2\theta \sin^2\varphi + R_1^2 R_2^2 \sin^2\theta \cos^2\varphi]^{\frac{3}{2}}},$$

μ étant un petit facteur positif (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 233). Développons enfin α en une série de fonctions de Lamé :

$$\alpha = \Sigma c_i M_i N_i.$$

2° Cela posé, reprenons l'équation à la surface

$$U - \alpha = \text{const.}$$

Nous savons (Poincaré, *ibid.*) que, U_0 étant la fonction des forces sur E_0, cette fonction sur la surface de la nouvelle figure sera $U = U_0 - g\zeta$. En désignant par v le potentiel de la couche ζ, nous aurons aussi

$$v = \sum \frac{4\pi}{2n+1} a_i R_i^0 S_i^0 M_i N_i.$$

Et comme U_0 est constante sur E_0, l'équation d'équilibre devient

$$v - g\zeta - \alpha = \text{const.}$$

Nous avons aussi (Poincaré, *ibid.*) $gl = \frac{4}{3}\pi R_1^0 S_1^0$, alors

$$g\zeta = \frac{4}{3}\pi R_1^0 S_1^0 \Sigma a_i M_i N_i$$

et l'équation d'équilibre devient définitivement

$$4\pi \Sigma a_i \left[\frac{R_i S_i}{2n+1} - \frac{R_1 S_1}{3}\right] M_i N_i - \Sigma c_i M_i N_i = \text{const.}$$

L'identification des coefficients nous donne alors

$$a_i = \frac{c_i}{4\pi}\left[\frac{R_i S_i}{2n+1} + \frac{R_1 S_1}{3}\right]^{-1} = \frac{c_i}{4\pi\omega_i}.$$

3° Pour calculer C_i nous avons la formule

$$c_i = \left[\int \alpha M_i N_i l\, d\sigma\right] : \left[\int (M_i N_i)^2 l\, d\sigma\right].$$

Le calcul montre que C_i n'est différent de zéro que lorsque $M_i N_i$ est de la forme $f(\mu^2).f(\nu^2)$, et que les premiers coefficients non nuls correspondent à $i = 7$ et $i = 8$. Ce sont les termes principaux, et nous aurons approximativement

$$\zeta = l[a_7 M_7 N_7 + a_8 M_8 N_8].$$

On voit facilement que

$$M_7 N_7 = \frac{(\alpha_1 - a^2)(\alpha_1 - b^2)(\alpha_1 - c^2)}{\rho^2 - \alpha_1}\left[\frac{R_1^2 \cos^2\theta}{\alpha_1 - a^2} + \frac{R_2^2 \sin^2\theta \cos^2\varphi}{\alpha_1 - b^2} + \frac{R_3^2 \sin^2\theta \cos^2\varphi}{\alpha_1 - c^2} - 1\right];$$

de même on trouve $M_8 N_8$ en changeant α_1 en α_2, où α_1 et α_2 sont les racines de l'équation

$$\frac{1}{\alpha - a^2} + \frac{1}{\alpha - b^2} + \frac{1}{\alpha - c^2} = 0 \qquad (a^2 > \alpha_1 > b^2 > \alpha_2 > c^2).$$

Posant

$$h_7 = (\alpha_1 - a^2)(\alpha_1 - b^2)(\alpha_1 - c^2)(\rho^2 - \alpha_1)^{-1} \qquad \text{et} \qquad A_7 = \int (M_7 N_7)^2 l\, d\sigma,$$

et remarquant que $l\, d\sigma = \sin\theta\, d\theta\, d\varphi$, on a

$$a_7 = -\frac{\mu R_1 R_2 R_3 h_7}{4\pi.\omega_7 A_7}\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \frac{R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 - R_1^2\cos^2\theta - R_2^2\sin^2\theta\sin^2\varphi - R_3^2\sin^2\theta\cos^2\varphi}{[R_2^2 R_3^2\cos^2\theta + R_1^2 R_3^2 \sin^2\theta\sin^2\varphi + R_1^2 R_2^2 \sin^2\theta\cos^2\varphi]^{\frac{3}{2}}}$$
$$\times \left[\frac{R_1^2\cos^2\theta}{\alpha_1 - a^2} + \frac{R_2^2\sin^2\theta\sin^2\varphi}{\alpha_1 - b^2} + \frac{R_3^2\sin^2\theta\cos^2\varphi}{\alpha_1 - c^2} - 1\right]\sin\theta\, d\theta.$$

Le calcul montre que l'intégrale est positive, ainsi que

$$\omega_7 = \int_\rho^\infty \left(\frac{\rho^2-\alpha_1}{x^2-\alpha_1} - \frac{\rho^2-a^2}{x^2-a^2}\right)\frac{x\,dx}{\sqrt{(x^2-a^2)(x^2-b^2)(x^2-c^2)}} > 0.$$

On obtient a_8 en changeant α_1 en α_2. Appelant I_1 et I_2 les deux intégrales, déterminant a_7 et a_8, on a finalement

$$\zeta = -\frac{\mu R_1 R_2 R_3 l}{4\pi}\left[\frac{h_7^2 I_1}{A_7\omega_7}\left(\frac{x^2}{\alpha_1-a^2}+\frac{y^2}{\alpha_1-b^2}+\frac{z^2}{\alpha_1-c^2}-1\right) + \frac{h_8^2 I_2}{A_8\omega_8}\left(\frac{x^2}{\alpha_2-a^2}+\frac{y^2}{\alpha_2-b^2}+\frac{z^2}{\alpha_2-c^2}-1\right)\right].$$

Remarquant que $\alpha_1-a^2<0$; $\alpha_1-b^2>0$; $\alpha_1-c^2>0$; $\alpha_2-a^2<0$; $\alpha_2-b^2<0$; $\alpha_2-c^2>0$, nous voyons que sur le petit axe (OX) ζ_x est toujours positive, sur le grand axe (OZ) ζ_z est toujours négative et sur l'axe moyen (OY) ζ_y est négative pour l'ellipsoïde se rapprochant de l'ellipsoïde de révolution et devient positive pour l'ellipsoïde assez allongé. On voit encore que, pour les ellipsoïdes infiniment aplatis ou allongés, ζ devient infiniment grand d'ordre élevé, ce qui montre que, quelque petite que soit la pression capillaire, les figures infiniment minces sont impossibles.

4° Pour l'ellipsoïde de révolution $a_8=0$, I_1 et A_7 se calculent facilement. On trouve alors

$$\zeta = -\delta\frac{1-3\cos^2\theta}{\sqrt{(R_1^2+R_2^2-R_1^2)\cos^2\theta}}.$$

Ainsi, sur le petit axe, $\zeta_x = \delta 2 R_2^{-1}$ et sur le grand axe $\zeta_y = \delta . R_1^{-1}$, δ étant un facteur positif ne dépendant que de R_1 et R_2, et devenant infini pour l'ellipsoïde infiniment aplati.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les moteurs à vent.* Note de M. **Drzewiecki**, présentée par M. L. Lecornu.

Appliquant à l'étude du moteur à vent la méthode que nous avons suivie pour celle de l'aile d'un propulseur hélicoïdal [1], considérons un élément d'aile résultant de l'intersection de l'aile par un cylindre de rayon ρ, ayant pour axe l'axe de rotation OX; cet élément tourne autour de cet axe à raison de n tours : sec, et est soumis à l'action d'un vent soufflant avec

[1] *Comptes rendus*, t. **114**, 1892, p. 820; *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1892, 1900 et 1901.

une vitesse de V mètres : sec dans la direction de l'axe. Pour tous les points de cet élément, la direction du vent relatif sera la résultante de la vitesse du vent V et de la vitesse tangentielle périphérique de l'élément $2\pi n\rho$. Appelant β l'angle de cette résultante avec la direction OX, nous aurons la relation

$$\operatorname{tang}\beta = \frac{2\pi n\rho}{V}.$$

L'élément en question est orienté, sur le rayon ρ, de façon à faire, avec une direction parallèle à OX, un angle $\beta + \alpha$, de sorte que son incidence sur le vent relatif sera α. Projetant sur l'axe OY les deux composantes R_x et R_y (¹) de la résistance éprouvée par l'élément de la part de l'air en mouvement, et multipliant ces projections par la vitesse périphérique, nous obtiendrons l'expression de la puissance utile développée par l'élément et qui est

$$dP_n = R_y\left(\cos\beta - \frac{R_x}{R_y}\sin\beta\right)2\pi n\rho;$$

exprimant le tout en fonction de $\operatorname{tang}\beta$, que, pour la simplification des écritures, nous désignerons par z, nous aurons

$$dP_n = R_y V\left(1 - \frac{R_x}{R_y}z\right)z\frac{1}{\sqrt{1+z^2}}.$$

La résistance

$$R_y = SW^2K_y,$$

où S est la surface de l'élément, $S = L\,d\rho$, en désignant par L sa largeur; la vitesse résultante $W = \frac{V}{\cos\beta}$ et K_y est la composante sustentatrice unitaire dépendant de la section de l'élément et de son incidence α; de plus, le rapport $\frac{R_x}{R_y}$ peut être remplacé par $\frac{K_x}{K_y}$. Substituant ces valeurs dans l'expression de dP_n, on trouve

$$dP_n = \frac{LV^4K_y}{2\pi n}\left(1 - \frac{K_x}{K_y}z\right)z\sqrt{1+z^2}\,dz.$$

Adoptant pour la largeur L de l'aile une largeur constante qui serait une fraction de la longueur du rayon, $\frac{1}{6}$ par exemple,

$$L = \frac{r}{6} = \frac{VZ}{12\pi n},$$

(¹) Notation du laboratoire Eiffel.

où Z est la valeur de tang β qui correspond à l'extrémité de l'aile, et admettant que l'aile est constituée par la juxtaposition le long du rayon ρ d'éléments semblables à l'élément considéré et orientés tous de la même façon que lui par rapport à la résultante des vitesses, de sorte que le rapport $\frac{K_x}{K_y}$ est partout le même, on trouvera l'expression de la puissance utile d'un moteur à vent ayant un nombre a d'ailes, en intégrant l'expression de dP_n entre les limites $z_0 = 1$ et $z_1 = Z$,

$$P_n = \frac{aV^5 K_y Z}{24\pi^2 n^2} \int_1^Z \left(1 - \frac{K_x}{K_y} z\right) z \sqrt{1+z^2}\, dz;$$

effectuant l'intégration entre les limites indiquées, on trouve

$$\frac{1}{3}\sqrt{1+Z^3} - 0,94 + \frac{K_x}{K_y}\left[\frac{1}{8} Z(1+2Z^2)\sqrt{1+Z^2} - \mathfrak{L}(Z+\sqrt{1+Z^2}) - 0,64\right].$$

Désignant par $-$ A le terme qui multiplie $\frac{K_x}{K_y}$ et par B le deuxième terme, on a

$$P_n = \frac{aV^5 K_y Z}{24\pi^2 n^2}\left(B - \frac{K_x}{K_y} A\right).$$

A et B sont positifs dans les limites de l'intégration.

Discutant cette expression on voit qu'avec l'augmentation de Z à partir de $Z = 1$, les valeurs de P_n sont positives, qu'elles augmentent rapidement à partir d'une valeur zéro, et que P_n redevient zéro pour une valeur de Z telle que $B = \frac{K_x}{K_y} A$. La valeur de P_n passe donc évidemment par un maximum. Pour le trouver il faudrait égaler à zéro la dérivée de l'expression, ce qui mène à une équation transcendante dont il est impossible de trouver les racines, aussi est-il préférable de remplacer avant dérivation les termes A et B par des fonctions plus simples de Z. Nous avons trouvé que les fonctions exponentielles

$$A' = 0,282 Z^{3,95} \qquad \text{et} \qquad B' = 0,376 Z^{2,95}$$

satisferaient à ces conditions avec une approximation très suffisante : ce qui permet d'écrire l'expression sous la forme

$$P_n = \frac{aK_y V^5}{47240 n^2}\left(1 - 0,75 \frac{K_x}{K_y} Z\right) Z^{3,95}.$$

En égalant à zéro la dérivée de cette expression on trouve que le maximum

de P_n correspond à

$$Z = 1064 \frac{K_y}{K_x}.$$

Z étant proportionnel à la longueur de l'aile il en résulte que, pour que le moteur donne le maximum de sa puissance, cette longueur ne doit pas dépasser une limite déterminée, et il peut arriver que de deux moulinets ayant des ailes identiques, mais de longueur différente, c'est celui dont le diamètre est le plus petit qui sera le plus puissant. Au moyen de l'équation ci-dessus il est facile de déterminer tous les éléments d'une aile d'un moteur à vent, étant données ses conditions de fonctionnement V, n et P_n, et aussi les caractéristiques du type d'aile adopté K_y et $\frac{K_x}{K_y}$, déterminés par des essais de laboratoire. Il y a lieu de remarquer que, contrairement à ce qui a lieu pour les hélices propulsives, il n'y a pas à rechercher des incidences donnant le minimum du rapport $\frac{K_x}{K_y}$, mais au contraire adopter des incidences considérables, de 15° à 20° par exemple, réalisant les plus fortes poussées K_y possibles, afin d'obtenir le maximum de puissance utile, mais en ayant soin de donner à l'aile une longueur qui ne fasse pas dépasser le rapport Z maximum, pour un vent donné et un nombre de tours déterminés.

PHYSIQUE. — *Sur la vitesse du son dans les mélanges gazeux.* Note de M. A. **Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

Dans la formule classique $V = \sqrt{E v}$ remplaçons E par $\frac{\gamma}{\mu}$ et v par sa valeur tirée de l'équation (1) de ma Note du 15 mars ([1]). Nous avons ([2])

$$(10) \qquad V = \sqrt{\frac{RT}{M}\gamma\frac{\varphi}{p\mu}}$$

ou, en utilisant les relations (2) et (3) de la même Note,

$$(10\ bis) \qquad V = \sqrt{\frac{RT\varphi}{M}\gamma\frac{\varphi}{1+nP^2}} = \sqrt{\frac{P}{\rho}\gamma\frac{\varphi}{1+nP^2}}$$

Remplaçant ρ par $\rho_1 + \rho_2$, calculés au moyen de (1), puis γ et φ par leurs

([1]) *Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 338.

([2]) *Comptes rendus*, t. **127**, 1898, p. 661, et *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. **17**, p. 492.

valeurs tirées de (9) et (6), on a finalement, en négligeant nP^2,

$$(11)\quad V = \frac{\varphi_1\varphi_2}{\sqrt{r_1\varphi_2+r_2\varphi_1}}\sqrt{\frac{RT}{r_1M_1\varphi_2+r_2M_2\varphi_1}\left[1+\frac{(r_1k_1+r_2k_2)(\gamma_1-1)(\gamma_2-1)}{r_1k_1(\gamma_2-1)+r_2k_2(\gamma_1-1)}\right]}.$$

Dans un mélange de gaz quasi parfaits on a simplement

$$(11\ bis)\qquad V = \sqrt{\frac{RT}{r_1M_1+r_2M_2}\left[1+\frac{(\gamma_1-1)(\gamma_2-1)}{r_1(\gamma_2-1)+r_2(\gamma_1-1)}\right]}.$$

Application à l'air humide. — On trouve aisément que, pour $r_2 = 0,02$, la vitesse du son est augmentée de 0,0029 de sa valeur dans l'air sec à la même température. La correction à apporter à la vitesse observée dans l'air saturé pour la « réduire à l'air sec » atteint 1^m au voisinage de $17^\circ,7$. Elle est de $0^m,71$ à $0^m,72$ pour l'air saturé à $12^\circ,5$.

Vitesse du son dans l'acide carbonique (Les expériences de Regnault sur la). — La troisième série des expériences faites dans les tuyaux de $10^{cm},8$ de diamètre de la route militaire (¹) a donné pour moyenne, à $13^\circ,3$, $V = 268,50$ m : sec. La pression totale était $763^{mm},5$ et la pression de la vapeur d'eau $10^{mm},46$. Regnault en déduit pour la vitesse dans le gaz sec à 0° : $V_0 = 260^m,41$.

La vitesse dans l'air sec à 0°, dans ce même tuyau, étant $V'_0 = 331^m,91$, le rapport $\frac{V_0}{V'_0} = 0,7848$ est un peu plus faible que celui prévu par la théorie de Newton : $\sqrt{\frac{1}{1,529}} = 0,8087$. « On doit en conclure, dit Regnault, que la vitesse réelle est un peu moindre que celle déduite de la théorie. *On ne peut attribuer cette différence à une impureté du gaz; car il ne pouvait s'y trouver que de l'air, qui aurait augmenté la vitesse.* Elle est due à ce que l'acide carbonique s'éloigne beaucoup plus que l'air de l'élasticité parfaite. »

On voit que Regnault ne tient pas compte de la différence des γ du gaz carbonique et de l'air, et cette omission est ici très importante. Calculons, en effet, le rapport $\frac{V_0}{V'_0}$ au moyen de la formule (10 *bis*), qui tient compte aussi de l'imperfection des gaz. On a, nP^2 étant négligeable,

$$\frac{V_0}{V'_0} = \sqrt{\frac{\rho'}{\rho}\,\frac{\gamma}{\gamma'}\,\frac{\varphi}{\varphi'}} = \sqrt{\frac{1}{1,529}\times\frac{1,319}{1,405}\times\frac{0,9934}{0,9994}} = 0,7812$$

qui est inférieur au rapport expérimental.

(¹) *Relation des expériences relatives aux machines à feu*, t. 3, p. 130.

Le gaz préparé par Regnault renfermait donc de l'air, et nous pouvons déterminer en quelle proportion en partant de la donnée expérimentale immédiate à 13°, 3.

Si x désigne la richesse du mélange en air, et r_2 la richesse en vapeur d'eau (0,015), la richesse en gaz carbonique est $r_1 = 1 - r_2 - x = 0,985 - x$. La formule (11) appliquée sous sa forme primitive

$$(11\ bis)\qquad V^2 = \frac{RT}{\sum \frac{r_n}{\varphi_n} \sum \frac{r_n M_n}{\varphi_n}} \left[1 + \frac{\sum k_n r_n}{\sum \frac{k_n r_n}{\gamma_n - 1}} \right]$$

donne, après réductions et approximations justifiées,

$$V^2 = \frac{RT}{(1,0050 - 0,004x)(43,833 - 15,26x)} \left[1 + \frac{1,0355 - 0,0304x}{3,287 - 0,806x} \right]$$
$$= RT \frac{1,315 + 0,068x}{44,052 - 15,5x}.$$

Dans l'air sec à 13°,3, on a

$$V'^2 = \frac{RT}{M} \gamma \varphi^2 = \frac{RT}{20,626}$$

et d'autre part

$$V' = 331\sqrt{1 + 0,00367 \times 13,3} = 339,92.$$

On doit donc avoir

$$\frac{1,315 + 0,068x}{44,052 - 15,5x} \times 20,626 = \left(\frac{268,50}{339,92}\right)^2,$$

d'où l'on tire $x = 0,033$.

Ce gaz, que Regnault considérait comme sensiblement pur, renfermait donc environ 3 pour 100 d'air. Le gaz préparé plus tard (*loc. cit.* p. 170) était encore plus impur.

Grisoumètre acoustique. — L'auteur [1] fait parler simultanément deux tuyaux identiques alimentés, l'un par de l'air atmosphérique, l'autre par de l'air grisouteux. La richesse en méthane serait déterminée par le nombre des battements par seconde *si les deux tuyaux étaient bien à la même température, et si l'air de la mine ne différait de l'air atmosphérique que par l'addition de méthane pur*.

C'est d'ailleurs sur un tel mélange que l'auteur fait ses essais, et il

(1) *Comptes rendus*, t. **117**, 1893, p. 573; t. **121**, 1895, p. 1116.

constate par exemple que 12 pour 100 de méthane donnent lieu à 9 battements par seconde avec des tuyaux donnant ut_4.

Proposons-nous de calculer ce nombre de battements en admettant que les deux gaz étaient secs ou également humides. La vitesse du son dans ce mélange peut se calculer par la formule (11 *bis*), car les deux gaz sont quasi parfaits.

En ce qui concerne γ_2, Capstick [1] donne 1,313, en partant de $\gamma_1 = 1,408$ pour l'air. Nous prendrons donc $\gamma_2 = 1,310$. De là

$$V = \sqrt{\frac{RT}{0,88 \times 28,95 + 0,12 \times 16,034}\left[1 + \frac{0,310 \times 0,405}{0,88 \times 0,310 + 0,12 \times 0,405}\right]}.$$

On en déduit aisément l'intervalle des deux sons

$$\frac{N}{N'} = \frac{V}{V'} = 1,0219$$

et, comme $N = 522$, on a $N' = 533,5$.

L'auteur aurait donc dû observer 11,5 battements par seconde, au lieu de 9, si son méthane eût été pur.

Remarquons toutefois que $\gamma_2 = 1,310$ nous semble bien élevé pour un gaz penta-atomique quasi parfait, et il se pourrait que le gaz de M. Capstick fût souillé d'impuretés diatomiques. Pour que le résultat de M. Hardy fût exact, il faudrait que γ_2 fût compris entre 1,25 et 1,26, et cela ne semble pas impossible.

PHYSICO-CHIMIE. — *Cinétique des réactions photochimiques.* Note [2] de M. **Daniel Berthelot**, transmise par M. E. Jungfleisch.

Les divers modes d'énergie peuvent être mis sous forme de produits de deux facteurs : une intensité (ou potentiel) et une capacité. En général (énergie électrique, capillaire, etc.), chacun des facteurs a un sens physique simple. Mais dans le cas de l'énergie calorifique, l'expérience donne seulement le produit Q des deux facteurs, et le facteur d'intensité T (température); quant au facteur de capacité, l'entropie $S = \int \frac{dQ}{T}$, il n'est pas directement mesurable.

---

(1) *Chem. News*, t. 68, 1893, p. 39.

(2) Séance du 12 avril 1915.

J'ai examiné il y a quelques années [1] le cas de l'énergie rayonnante à ce point de vue général et montré qu'il est analogue à celui de l'énergie calorifique. L'expérience donne immédiatement l'énergie globale W et le facteur d'intensité, qui n'est autre que la fréquence vibratoire N. Pour le facteur de capacité, j'ai introduit la notion d'entropie rayonnante

$$H = \int \frac{dW}{N},$$

dont les propriétés sont parallèles à celles de l'entropie thermique.

Quand les particules d'un corps sont élevées à un certain potentiel énergétique, elles prennent une vitesse dont l'expression générale a la même forme pour les divers modes d'énergie.

Considérons d'abord le cas de la chute des corps. Soit un corps de poids p et de masse m. Le facteur de capacité de l'énergie de pesanteur est le poids; le facteur d'intensité est le niveau $\mathcal{H}$ (hauteur de chute) :

$$(1) \qquad \frac{1}{2} m v^2 = p\mathcal{H}, \qquad v = \sqrt{2\frac{p}{m}\mathcal{H}}.$$

Envisageons l'énergie thermique. Les molécules d'un gaz portées à la température absolue T prennent une vitesse de translation v :

$$(2) \qquad \frac{1}{2} m v^2 = sT, \qquad v = \sqrt{2\frac{s}{m}T};$$

s représente le facteur de capacité de l'énergie thermique : c'est la capacité calorifique d'un gaz monoatomique; rapportée à la molécule-gramme, la valeur de ce facteur en unités C. G. S. est $\frac{3}{2}R = 1,25 \times 10^8$. Si l'on divise ce nombre par 62×10^{22} (nombre de molécules contenues dans la molécule-gramme), on obtient la capacité calorifique de l'atome $s = 2 \times 10^{16}$: c'est l'unité élémentaire ou quantum d'entropie thermique.

La formule (2) montre qu'à la température de la glace fondante ($T = 273°$), la vitesse des molécules d'hydrogène ($m = 2$) est de 1850^m par seconde; celle des molécules d'oxygène ($m = 32$), 460^m par seconde; celle des molécules de mercure ($m = 200$), 185^m par seconde.

Passons au cas de l'énergie électrique. Si la surface d'un métal est portée au potentiel V par irradiation au moyen de rayons de courte longueur d'onde (le plus souvent on mesure V par le potentiel antagoniste qui arrête

(1) D. Berthelot, *Les effets chimiques des rayons ultraviolets* (*Revue générale des Sciences*, 30 avril 1911); *Les rayons ultraviolets* (*Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, décembre 1911).

l'émission), les électrons de masse m et de charge électrique e sont projetés avec la vitesse v :

$$(3) \qquad \frac{1}{2} m v^2 = eV, \qquad v = \sqrt{2 \frac{e}{m} V}.$$

Comme $\frac{e}{m} = 1,77 \times 10^7$, on voit que pour $V = 1$ volt (10^8 unités C. G. S.) la vitesse d'émission des électrons est 595^{km} par seconde.

La comparaison des expressions (1), (2) et (3) montre que, quel que soit le mode d'énergie envisagé, la vitesse des particules est égale à la racine carrée du double produit du facteur d'intensité ($\mathcal{H}$, T, V) par le facteur de capacité rapporté à l'unité de masse $\left(\frac{p}{m}, \frac{s}{m}, \frac{e}{m}\right)$.

Si donc la théorie que j'ai proposée sur la décomposition de l'énergie rayonnante en un produit de deux facteurs est exacte, on doit avoir pour la vitesse v des électrons que projette une surface irradiée par une lumière de fréquence N

$$(4) \qquad \frac{1}{2} m v^2 = hN, \qquad v = \sqrt{2 \frac{h}{m} N}.$$

C'est en effet ce que vérifie l'expérience. Cette relation (4) montre par de simples considérations énergétiques, indépendantes d'hypothèses atomistiques telles que celles de la théorie des quanta, que la vitesse des électrons est indépendante de l'intensité de la lumière incidente et dépend de la fréquence : double résultat qui a paru inexplicable avec les anciennes théories qui se bornaient à envisager l'énergie rayonnante en bloc. « Dans les conceptions théoriques ordinaires, dit M. Einstein (¹), on ne comprend pas plus l'action spécifique de la fréquence que l'absence d'action de l'intensité. » La formule (4) indique aussi que la vitesse v n'est pas proportionnelle à la fréquence N comme on l'avait cru à tort à la suite des premières expériences sur l'effet photo-électrique, mais à la racine carrée de N.

Appliquons la relation (4) à un électron; h représente l'unité élémentaire ou quantum d'entropie rayonnante :

$$h = 6,5 \times 10^{-27}, \qquad m = 0,875 \times 10^{-27}, \qquad v = 3,9\sqrt{N}.$$

Sous l'influence de la lumière violette ($\lambda = 0^{\mu},4$, $N = 7,5 \times 10^{14}$), les électrons sont projetés avec une vitesse de 1070^{km} par seconde; sous celle de la lumière ultraviolette de longueur d'onde $0^{\mu},2$, avec une vitesse de 1510^{km} par seconde.

La comparaison des équations (2) et (4) éclaircit le mécanisme cinétique

(¹) *Rapports de la Réunion de Bruxelles*, 1912, p. 430.

en vertu duquel la fréquence joue dans les réactions photochimiques le même rôle que la température dans les réactions chimiques ordinaires.

On explique la loi d'action de masse en admettant que le nombre de molécules qui se combinent pendant l'unité de temps est proportionnel au nombre de collisions; on conçoit ainsi que la vitesse d'une réaction de premier ordre (unimoléculaire) soit proportionnelle à la concentration, celle d'une réaction de second ordre (bimoléculaire) au carré de la concentration, etc.

Ces considérations cinétiques s'appliquent également aux réactions photochimiques, à condition d'envisager les électrons au lieu des molécules. Ces réactions sont presque toujours de premier ordre, c'est-à-dire que le phénomène élémentaire correspond à l'émission d'un seul électron.

Toutefois, elles présentent deux différences notables avec les réactions thermiques. En premier lieu, elles ne sont de premier ordre que si l'on opère sur des solutions diluées et des couches minces; sinon, les radiations actives étant absorbées par les premières couches liquides, les suivantes sont soustraites à leur action, les électrons n'y sont plus mis en mouvement, les hypothèses cinétiques précédentes sont en défaut, et l'ordre de la réaction baisse progressivement de un à zéro comme nous l'avons constaté sur le lévulose [1]. Ces complications sont spéciales à l'énergie lumineuse qui vient du dehors, et ne se présentent pas avec l'énergie thermique qui agit uniformément dans la masse.

Un second point à noter est que, sous l'influence de la lumière, les particules prennent des vitesses beaucoup plus grandes que sous l'influence de la chaleur, ainsi qu'il résulte des chiffres donnés plus haut. On s'explique par là que l'élévation de température, qui influence si fortement la vitesse des réactions chimiques ordinaires, n'ait que peu d'effet sur les réactions photochimiques. On doit admettre que les réactions photochimiques pures sont caractérisées par un coefficient de température très voisin de l'unité, comme le nombre 1,02 trouvé par M. Lemoine dans la réduction du perchlorure de fer par l'acide oxalique, ou le nombre 1,03 trouvé par moi-même avec le lévulose [2]. Quand ce coefficient prend des valeurs élevées telles que 1,40, c'est que la réaction primaire photochimique se complique de réactions secondaires de nature proprement chimique et par suite plus sensibles à l'influence de la température.

---

[1] D. Berthelot et H. Gaudechon, *Sur un actinomètre à lévulose* (*Comptes rendus*, t. **156**, 1913, p. 707).

[2] D. Berthelot, *Coefficient de température des réactions photochimiques* (*Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 440).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la théorie de l'oscillation de la double liaison indénique.* Note de M. **Ch. Courtot**, présentée par M. Haller.

Au cours de ses travaux dans la série de l'indène, Thiele (¹) fit l'observation suivante :

En condensant, par exemple, le chlorure de benzyle avec l'indène, sous l'influence d'un alcali, il obtint un benzylindène qu'il considéra comme l'α-benzylindène. D'autre part, en hydrogénant le benzylidène-indène par l'amalgame d'aluminium, on doit obtenir, par fixation de H^2 en 1-4, le γ-benzylindène. Or les deux hydrocarbures préparés par ces deux voies sont identiques.

Pour expliquer cette identité, Thiele fut conduit à émettre l'hypothèse de l'oscillation permanente de la double liaison indénique, comme l'exprime le schéma suivant :

CHNa $\xrightarrow{+ C^6H^5CH^2Cl}$ [CH, CH, CH—C^6H^5—CH^2] ⇄ [CH^2, CH, C—C^6H^5—CH^2] $\xleftarrow{+ H^2}$ [C=CH—C^6H^5]

En poursuivant des recherches commencées il y a 5 ans déjà (²), j'ai, au contraire, observé un certain nombre de faits qui établissent, d'une manière générale, l'existence individuelle des isomères α et γ (³).

La première observation a été faite sur un alcool indénique. Quand on condense l'acétone avec le magnésien de l'indène, on obtient un diméthylbenzofulvanol liquide (⁴), bouillant à 125° sous 8^{mm}. Or si l'on traite ce carbinol par la potasse alcoolique, il se transforme rapidement en un isomère cristallisé, fusible à 82°.

(¹) Thiele et Bühner, *Lieb. Ann.*, t. 347, 1906, p. 249.

(²) V. Grignard et Ch. Courtot, *A. F. A. S.*, Dijon 1911, p. 191 et 193; *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 364.

(³) Mlle Rebecca Grinberg a fait connaître récemment (Thèse de l'Université de Grenoble, 1914) un cas semblable d'isomérie indénique. C'est cette circonstance qui m'oblige à publier, sans plus attendre, les résultats plus généraux que je possède depuis longtemps déjà.

(⁴) V. Grignard et Ch. Courtot, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 272; t. 154, 1912, p. 361.

Il y avait lieu de penser que le corps liquide, d'après son mode de préparation, devait être l'α-diméthylbenzofulvanol (I), tandis que le solide était vraisemblablement le dérivé γ (II) résultant du déplacement de la double liaison avec migration de 1^at d'hydrogène. Nous avons pu, en effet, différencier nettement les deux formes par l'oxydation permanganique.

En oxydant à 0°, avec du permanganate de potasse à 5-6 pour 100, le diméthylbenzofulvanol liquide donne un acide-lactone fusible vers 225° et qui, sous l'action de la baryte, se scinde en acide homophtalique et acétone; au contraire, le diméthylbenzofulvanol solide donne directement, dans les mêmes conditions, de l'acide homophtalique :

(I) CH, CH, CH, $(CH^3)^2COH$ → CO, CO^2H, CH, $(CH^3)^2C$—O $\xrightarrow{Ba(OH)^2}$ CO^2H, CO^2H, CH^2 $\xleftarrow{O}$ (II) C — $C(CH^3)^2$, OH, CH^2

Ces résultats sont tout à fait conformes aux formules admises.

L'existence des deux isomères précédents, dont l'un facilement transformable dans l'autre par la potasse, m'a conduit à reprendre les expériences de Thiele sur le benzylindène. Il y avait lieu de se demander si l'α-benzylindène était capable d'exister dans les conditions où Thiele a essayé de le préparer; on pouvait, en effet, supposer bien plutôt que, sous l'influence de l'alcali, il s'isomérisait et que, par suite, l'auteur n'avait jamais isolé que le dérivé γ. C'est ce que j'ai vérifié.

Par action du chlorure de benzyle sur le magnésien de l'indène, j'ai obtenu un benzylindène liquide, bouillant à 175°-177° sous 14^mm, tandis que celui de Thiele bout à 185°-187° sous 14^mm et fond à 34° [1]. De plus, le dérivé liquide, traité par la potasse alcoolique, se transforme en isomère cristallisé, fusible à 34°.

En raison de son mode de préparation, le nouveau benzylindène liquide doit évidemment être considéré comme l'α-benzylindène, tandis que celui de Thiele est le γ-benzylindène.

Ces deux formes se différencient très nettement par l'action du brome. Le γ-benzylindène fixe d'abord 2^at de brome, mais il les élimine

(1) En fait, Thiele l'a décrit liquide, mais en le préparant avec de l'indène pur; Weissgerber (*Ber.*, 1911) l'a obtenu cristallisé.

presque immédiatement et en totalité, sous forme d'acide bromhydrique, en donnant un hydrocarbure jaune, le phénylbenzofulvène, identique à celui obtenu par Thiele en condensant l'indène avec le benzaldéhyde (benzylidène-indène) :

CH² CH C $C^6H^5 — CH^2$ → CH² CHBr CBr $C^6H^5 — CH^2$ → CH CH C $C^6H^5 — CH$

L'α-benzylindène, au contraire, donne un dibromure liquide, qui ne perd spontanément qu'un peu d'acide bromhydrique. Si l'on essaie de le débromhydrater par la pyridine, on n'obtient que des résines, résultat facilement explicable par la constitution.

L'individualité des deux isomères α et γ indéniques est encore plus nettement mise en évidence, si possible, avec les deux benzhydrylindènes, parce qu'ils sont tous deux cristallisés.

La condensation de l'éther bromhydrique du diphénylcarbinol avec le magnésien de l'indène donne un hydrocarbure incolore, fusible à 161°, qui doit être l'α-benzhydrylindène. D'autre part, l'hydrogénation du diphénylbenzofulvène doit conduire normalement au γ-benzhydrylindène; on obtient, en effet, un hydrocarbure isomère du précédent et fusible à 115°-116°. Ici encore, l'action de la potasse alcoolique permet de transformer le dérivé α en dérivé γ :

CH CH CH(α) $C^6H^5 — CH — C^6H^5$ →(KOH) CH² CH C(γ) $C^6H^5 — CH — C^6H^5$ ←(+H²) C $C^6H^5 — C — C^6H^5$

Les recherches précédentes (auxquelles vient s'ajouter l'observation de Mlle R. Grinberg, de deux diphénylindènes isomères) permettent de conclure que, d'une façon générale, les dérivés monosubstitués indéniques sont capables d'exister, à l'état libre, sous les deux formes α et γ [1], la première se transformant aisément en la seconde sous l'influence des alcalis. Ce phénomène d'isomérisation avait empêché, jusqu'à présent,

(1) Ceci n'exclut en rien la possibilité d'un isomère β.

d'isoler les dérivés α. Thiele, contrairement à ce qu'il pensait, n'a donc jamais eu entre les mains que les dérivés γ et, par suite, tombe d'elle-même la théorie de l'oscillation qu'il avait imaginée pour expliquer ses résultats.

CYTOLOGIE. — *L'évolution nucléaire et les phénomènes de la sexualité chez les Lichens du genre* Peltigera. Note de M. et Mme **Fernand Moreau**, présentée par M. Guignard.

Les controverses qui se livrent au sujet de la sexualité des Champignons sont relatives à deux points principaux :

1° Les uns soutiennent, avec Dangeard, qu'au cours du cycle évolutif des Ascomycètes une seule karyogamie a lieu, qui prend place dans les jeunes asques; les autres, avec Harper, prétendent que la fusion dangeardienne est précédée d'une autre fusion nucléaire qui a lieu dans l'ascogone et prélude au développement du périthèce.

2° Certains auteurs reconnaissent à la réduction chromatique chez les Ascomycètes les caractères qu'elle revêt généralement chez les autres êtres vivants; d'autres croient que l'asque est le siège de deux réductions chromatiques successives, phénomène de double réduction qui ne se trouve réalisé nulle part ailleurs chez les êtres vivants.

Ces deux questions, en apparence différentes, n'en font en réalité qu'une seule, car la double réduction qui aurait lieu dans l'asque est, aux yeux de ceux qui en soutiennent l'existence, la conséquence de deux fusions nucléaires successives, l'une dans l'ascogone, l'autre dans l'asque. Sous l'une et l'autre forme, c'est la question de la sexualité des Ascomycètes qui est en cause; elle peut se résoudre de deux façons : 1° par la recherche d'une karyogamie dans l'ascogone; 2° par la recherche dans l'asque de deux réductions chromatiques successives. Nous sommes donc amenés à étudier, d'une part le développement de l'ascogone, d'autre part les divisions du noyau de fusion qui préparent la formation des ascospores. C'est par l'une et l'autre de ces deux voies que nous avons abordé le problème de la sexualité chez diverses espèces du genre *Peltigera* (*P. canina*, *P. rufescens*, *P. polydactyla*, *P. horizontalis*).

1. *Développement de l'ascogone.* — L'ascogone prend naissance aux dépens des hyphes de la médulle du bord des lobes fertiles du thalle. Il est formé d'abord de cellules généralement uninucléées qui se distinguent des

cellules banales de la médulle par leur taille plus grande et leur forme plus renflée. A la suite de divisions répétées de leur noyau primitif, ces cellules deviennent multinucléées; en même temps leur protoplasme s'enrichit, devient de plus en plus dense et de plus en plus chromatique. Bientôt les cellules de l'ascogone émettent des hyphes ascogènes plurinucléés; ceux-ci se ramifient et séparent à leur extrémité des files de cellules binucléées. Les cellules terminales de ces chaînes de dikaryocytes s'allongent et se transforment en asques. Dans chaque asque les deux noyaux s'unissent en un noyau de fusion dont nous étudierons ultérieurement la destinée.

Au cours de ce développement, nous n'avons observé, malgré de minutieuses recherches, aucune autre fusion de noyaux que celle de l'asque; la densité et la chromaticité de plus en plus grandes du protoplasme nous indiquant l'âge des cellules de l'ascogone, nous avons toujours trouvé des noyaux peu nombreux dans les cellules jeunes, des noyaux nombreux dans les cellules âgées; nous n'avons jamais constaté dans ces dernières la diminution du nombre des noyaux qu'eût entraîné un phénomène de karyogamie. Nous affirmons donc qu'aucune fusion nucléaire n'a lieu dans l'ascogone et que la seule karyogamie qu'on observe dans le cycle du développement des *Peltigera* est la karyogamie dangeardienne entre les noyaux du jeune asque. Ajoutons que les phénomènes d'appariement des noyaux, signalés par certains auteurs (Claussen, Bessonoff) chez d'autres Ascomycètes, n'ont pas été rencontrés par nous chez les *Peltigera*.

2. *Réduction chromatique.* — L'étude des divisions nucléaires dans l'asque nous a conduits à des résultats concordant avec les conclusions du paragraphe précédent.

La première mitose du noyau de fusion est une mitose hétérotypique, la deuxième est une mitose homéotypique et la troisième est une mitose typique. La réduction chromatique s'effectue suivant le schéma hétéro homéotypique. C'est une réduction chromatique ordinaire; le phénomène n'intéresse que les deux premières mitoses du noyau de fusion; la troisième est une mitose végétative banale.

Toutes les mitoses, réductrices et végétatives, possèdent chez les *Peltigera* un caractère particulier qui fait de la division du noyau dans ce genre un type spécial de mitose parmi celles des Ascomycètes : il y a disparition précoce du nucléole et de la membrane nucléaire. D'autre part, alors que, chez les autres Ascomycètes, le nombre haploïde des chromosomes est généralement de quatre ou de huit, ici il est réduit à deux; aussi voyons-nous apparaître

deux chromosomes à deux branches à la prophase de la première mitose de l'asque; la deuxième montre deux chromosomes déjà divisés longitudinalement à la fin de la mitose précédente; à la troisième mitose les deux chromosomes sont simples et ils se montrent tels dans toutes les mitoses successives des organes végétatifs ainsi que de l'ascogone et des hyphes ascogènes.

Le nombre restreint des chromosomes facilite l'étude des divisions nucléaires chez les *Peltigera;* il nous permet d'assurer qu'*une seule réduction chromatique a lieu au cours du développement des* Peltigera; *c'est une réduction chromatique ordinaire et seules les deux premières mitoses de l'asque y prennent part.*

De l'ensemble de nos observations sur le développement de l'ascogone et sur l'évolution nucléaire des *Peltigera* nous concluons que, chez ces Lichens, *il n'y a pas de fusion de noyaux dans l'ascogone, la seule karyogamie qui existe a lieu dans l'asque; elle est immédiatement suivie d'une réduction chromatique qui présente les mêmes caractères que chez les autres êtres vivants.*

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur les bouillies cupriques.* Note [1] de M. **Fonzes-Diacon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Il résulte des travaux de Pickering, de Borlèse et Sostegni, de Sicard, etc., sur les bouillies bordelaises, que la majeure partie du cuivre s'y trouve insolubilisée sous forme de sulfates d'autant plus fortement basiques que les quantités de chaux mises en œuvre pour la précipitation d'un même poids de sulfate de cuivre sont plus élevées; c'est ainsi que le précipité bleu-vert des bouillies acides sera principalement constitué par du sulfate tétracuivrique, alors que, dans les bouillies à commencement de neutralité (4^{mol} de chaux pour 5^{mol} de sulfate de cuivre), ce sulfate basique se trouvera en plus forte proportion que dans les bouillies à fin de neutralité (9^{mol} de chaux pour 10^{mol} de sulfate de cuivre), lesquelles renfermeront surtout du sulfate décacuivrique.

Enfin, dans les bouillies alcalines, le précipité est formé de composés encore plus fortement basiques unis à de la chaux.

Or, la valeur anticryptogamique d'une bouillie paraît liée à la proportion de sulfate tétracuivrique qu'elle renferme, car, de tous les sulfates

(1) Séance du 12 avril 1915.

basiques, c'est celui qui, sous l'influence de l'acide carbonique de l'air, donnera progressivement naissance à la plus forte proportion de sulfate de cuivre libre, sel dont l'action sur les spores du mildiou est des plus énergiques.

Dans les bouillies bourguignonnes, il paraît se former, d'après mes recherches, des sulfates moins fortement basiques, ce qui est dû à l'action de l'acide carbonique mis en liberté par la décomposition du carbonate de soude; j'ai pu constater que les bouillies acides renferment également, en majeure partie, du sulfate tétracuivrique bleu-vert; un excès de carbonate de soude transforme ce composé en sulfate pentacuivrique bleu, mais il ne se forme pas de sulfate plus fortement basique, car l'acide carbonique, mis en liberté dans cette réaction, donne alors de l'hydrocarbonate de cuivre bleu $CO^3Cu, CuO, 2H^2O$ dont la proportion va en augmentant avec l'excès de carbonate de soude.

Dans les bouillies bourguignonnes nettement alcalines, le précipité est principalement constitué par de l'hydrocarbonate bleu, qui se transforme rapidement en le monohydrate vert malachite, composé fort peu soluble en milieu carbonique et, par suite, ayant un faible pouvoir anticryptogamique.

Les liqueurs qui tiennent en suspension ces divers composés cupriques insolubles renferment encore une certaine proportion de cuivre soluble.

Dans les bouillies bourguignonnes acides, le cuivre soluble s'y trouve en partie à l'état de bicarbonate de cuivre; mais celui-ci se décompose très rapidement à l'air par départ d'acide carbonique, et l'hydrocarbonate de cuivre naissant, mis en liberté, se combine au sulfate de cuivre en excès en donnant du sulfate tétracuivrique insoluble; celui-ci se dépose à l'état de pentahydrate bleu ou de tétrahydrate vert, suivant la lenteur avec laquelle il prend naissance.

Le sel basique ainsi formé, dont la proportion peut dépasser 100^g en $SO^4Cu, 5H^2O$ par hectolitre de bouillie à 2^{kg}, augmente donc la valeur anticryptogamique des bouillies acides; les bouillies neutres donnent naissance à des proportions moins grandes de ce composé; enfin, le liquide surnageant les bouillies basiques renferme encore une certaine proportion de bicarbonate de cuivre, mais pas de sulfate de cuivre, de sorte que ce bicarbonate se décomposant à l'air donne, non plus du sulfate tétracuivrique, mais bien de l'hydrocarbonate de cuivre, dont la valeur anticryptogamique est bien moindre.

Dans les bouillies bordelaises, quelle que soit leur réaction, l'alcali étant de l'hydrate de calcium, le cuivre soluble ne devrait pas exister à l'état de bicarbonate; mais il ne faut pas oublier que les chaux du commerce sont toujours plus ou moins carbonatées; or, le carbonate de chaux réagit sur le sulfate de cuivre, surtout quand le lait de chaux est versé très lentement dans un grand excès de ce sel; il en résulte un dégagement d'acide carbonique qui donne naissance à une certaine proportion de bicarbonate de cuivre.

Celui-ci, en se décomposant, donnera du sulfate tétracuivrique dans les bouillies acides; la proportion de ce composé sera moins grande dans les bouillies neutres; enfin, les bouillies alcalines ne renfermeront, en solution, qu'une faible proportion de bicarbonate de cuivre (d'autant plus faible que la préparation de la bouillie aura été plus rapide), et celui-ci, par sa décomposition à l'air, donnera naissance à de l'hydrocarbonate de cuivre bleu peu actif et dont l'activité ira en diminuant encore avec sa transformation en hydrocarbonate vert.

En résumé, les bouillies acides sont les plus riches en sulfate tétracuivrique; elles renferment en outre, en solution, du sulfate de cuivre libre ainsi que les éléments du sulfate tétracuivrique; leur action anticryptogamique est très élevée.

Les bouillies neutres renferment d'autant moins de ce sel basique qu'elles sont plus fortement neutres.

Les bouillies alcalines en renferment peu; la liqueur qui les surnage tient en dissolution du bicarbonate de cuivre qui, par sa décomposition très rapide à l'air, ne donnera que de l'hydrocarbonate de cuivre, forme sous laquelle le cuivre est moins actif.

A 15 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures un quart.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AVRIL 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Représentation sur un plan de la surface du quatrième ordre qui admet comme courbe double une conique.* Note de M. **Gaston Darboux.**

Kummer, le premier, a indiqué les propriétés essentielles de cette surface et, dans un Mémoire inséré au Tome 69 du *Journal de Crelle*, Clebsch a étudié de la manière la plus détaillée sa représentation sur un plan simple. Je me propose de revenir ici sur ce sujet et de donner de nouvelles méthodes pour déterminer cette représentation.

Effectuons une transformation homographique qui amène la conique double de la surface, supposée indécomposable, à se confondre avec le cercle de l'infini. La surface se transformera en une cyclide du quatrième ordre, que nous pourrons, évidemment, substituer à la surface proposée.

Si l'on prend des coordonnées pentasphériques, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, liées comme on sait par la relation identique

$$\sum_1^5 x_i^2 = 0, \tag{1}$$

l'équation de la cyclide pourra se mettre sous la forme

$$\sum_1^5 a_i x_i^2 = 0. \tag{2}$$

L'identité (1) permet de faire disparaître de l'équation (2) l'une quel-

conque des coordonnées x_i. Si l'on pose

$$(3)\qquad a_{ik}^2 = a_i - a_k,$$

on pourra, par exemple, donner à l'équation (2) la forme suivante

$$(4)\qquad a_{12}^2 x_2^2 - a_{31}^2 x_3^2 = a_{41}^2 x_4^2 - a_{15}^2 x_5^2;$$

et cette équation elle-même peut être remplacée par les deux suivantes

$$(5)\qquad \begin{cases} a_{12}x_2 - a_{34}x_3 + \mu(a_{41}x_4 - a_{15}x_5) = 0, \\ \mu(a_{12}x_2 + a_{34}x_3) + a_{41}x_4 + a_{15}x_5 = 0, \end{cases}$$

où μ désigne un paramètre arbitraire.

Celles-ci représentent un cercle qui appartient à la cyclide. Lorsque μ varie, on obtient une des deux séries formées de cercles normaux à la sphère coordonnée (S_1), définie par l'équation

$$x_1 = 0.$$

L'autre série s'obtiendrait en changeant le signe de x_3 dans les formules (5).

En échangeant les indices 1 et 4 par exemple, on obtiendra une nouvelle série de cercles orthogonaux à la sphère coordonnée (S_4) et représentée par les deux équations

$$(6)\qquad \begin{cases} a_{34}x_3 - a_{42}x_2 + \mu'(a_{41}x_1 - a_{54}x_5) = 0, \\ \mu'(a_{34}x_3 + a_{42}x_2) + a_{41}x_1 + a_{54}x_5 = 0, \end{cases}$$

où μ' désigne également un paramètre variable.

Les équations (5) et (6) déterminent, nous allons le voir, les rapports mutuels des cinq coordonnées x_i. Elles nous font donc connaître, en fonction rationnelle de μ et de μ', les coordonnées d'un point de la surface et nous permettent ainsi d'obtenir la solution du problème proposé.

Pour les résoudre, on peut éliminer x_4 entre les deux premières et x_1 entre les deux dernières, ce qui conduira au système suivant

$$(7)\qquad \begin{cases} a_{12}(1-\mu^2)\,x_2 - a_{31}(1+\mu^2)\,x_3 - 2\mu\, a_{15}x_5 = 0, \\ a_{42}(1+\mu'^2)x_2 - a_{34}(1-\mu'^2)x_3 + 2\mu' a_{54}x_5 = 0, \end{cases}$$

d'où l'on déduira

$$(8)\qquad \begin{cases} \rho x_2 = 2a_{31}a_{54}\,\mu'(1+\mu^2) + 2a_{15}a_{34}\,\mu(1-\mu'^2) = P(\mu, \mu'), \\ \rho x_3 = 2a_{15}a_{42}\,\mu(1+\mu'^2) + 2a_{54}a_{12}\,\mu'(1-\mu^2) = Q(\mu, \mu'), \\ \rho x_5 = a_{12}a_{34}(1-\mu^2)(1-\mu'^2) - a_{31}a_{42}(1+\mu^2)(1+\mu'^2) = R(\mu, \mu'), \end{cases}$$

ρ étant un facteur de proportionnalité.

On pourra tirer ensuite x_1 et x_4 d'une des équations (5) et (6), ce qui donnera

$$(9)\quad \begin{cases} \rho a_{41} x_1 = -a_{42}\mu' P(\mu, \mu') - a_{34}\mu' Q(\mu, \mu') - a_{54} R(\mu, \mu'), \\ \rho a_{41} x_4 = -a_{12}\mu P(\mu, \mu') - a_{31}\mu Q(\mu, \mu') - a_{15} R(\mu, \mu'). \end{cases}$$

Ces formules, jointes aux précédentes (8), complètent la solution. On en déduit que toute fonction linéaire des coordonnées (multipliée par ρ) sera de la forme

$$A\mu^2\mu'^2 + \mu\mu'(B\mu + C\mu') + \varphi_2(\mu, \mu'),$$

A, B, C désignant des constantes et φ_2 désignant la fonction la plus générale du second degré.

En d'autres termes, si l'on considère μ, μ' comme les coordonnées rectilignes d'un point dans le plan, les sections de la cyclide par une sphère quelconque sont représentées par des courbes du quatrième ordre ayant deux points doubles à l'infini dans la direction des axes coordonnés. *Nous allons voir de plus que ces courbes passent toutes par quatre points à distance finie.*

Les cinq coordonnées sont, en effet, des fonctions linéaires de $P(\mu, \mu')$, $Q(\mu, \mu')$, $R(\mu, \mu')$, et ces polynomes sont les trois déterminants qu'on peut former avec la matrice

$$\begin{vmatrix} a_{12}(1-\mu^2) & -a_{31}(1+\mu^2) & -2a_{15}\mu \\ -a_{42}(1+\mu'^2) & a_{34}(1-\mu'^2) & -2a_{54}\mu' \end{vmatrix}.$$

Ils s'annulent donc pour le système de valeurs donné par les équations

$$\frac{a_{12}(1-\mu^2)}{a_{42}(1+\mu'^2)} = \frac{a_{31}(1+\mu^2)}{a_{34}(1-\mu'^2)} = -\frac{a_{15}\mu}{a_{54}\mu'}.$$

L'élimination de μ' entre ces équations conduit à la relation

$$\frac{a_{12}^2}{a_{42}^2}(1-\mu^2)^2 = \frac{a_{31}^2}{a_{34}^2}(1+\mu^2) + \frac{4a_{15}^2}{a_{54}^2}\mu^2$$

qu'on peut écrire plus simplement

$$(10)\qquad a_{25}^2 a_{34}^2 (1-\mu^2)^2 = a_{53}^2 a_{42}^2 (1+\mu^2)^2,$$

en tenant compte des identités de la forme

$$(11)\qquad a_{ik}^2 a_{lm}^2 + a_{il}^2 a_{mk}^2 + a_{im}^2 a_{kl}^2 = 0$$

qui lient les quantités a_{ik}. Il y aura donc bien quatre points communs aux courbes planes qui représentent les sections sphériques de la cyclide.

Les valeurs correspondantes de μ et de μ' seront définies par les équations

$$(12)\quad \begin{cases} \dfrac{2\mu}{a_{23}a_{54}} = \dfrac{\varepsilon(1+\mu^2)}{a_{25}a_{34}} = \dfrac{\varepsilon'(1-\mu^2)}{a_{42}a_{53}}, \\ \dfrac{2\mu'}{a_{23}a_{15}} = \dfrac{\varepsilon(1-\mu'^2)}{a_{25}a_{31}} = \dfrac{\varepsilon'(1+\mu'^2)}{a_{12}a_{53}}, \end{cases}$$

où ε, ε' désignent l'unité positive ou négative. On peut encore écrire

$$(13)\quad \mu = \frac{\varepsilon a_{25}a_{34} - \varepsilon' a_{42}a_{53}}{a_{23}a_{54}}, \qquad \mu' = \frac{\varepsilon' a_{12}a_{53} - \varepsilon a_{25}a_{31}}{a_{23}a_{15}}.$$

Une fois connue l'expression des coordonnées pentasphériques, on aura sans difficulté celle des coordonnées rectilignes, qui sont des fonctions linéaires des précédentes. On voit donc que, dans le mode de représentation que nous avons obtenu, les *sections planes de la cyclide seront représentées par des courbes du quatrième ordre ayant deux points doubles à l'infini dans la direction des axes coordonnés et passant en outre par quatre points fixes situés à distance finie.*

Cette représentation n'est pas identique à celle qui a été donnée par Clebsch; mais il est facile de ramener l'une à l'autre les deux représentations.

Supposons, en effet, que les axes des μ et des μ' aient été déplacés de telle manière que l'origine soit devenue un des quatre points communs aux courbes qui représentent les sections sphériques de la surface. Alors l'une quelconque des coordonnées x_i sera donnée par une expression qu'on pourra mettre sous la forme

$$(14)\quad \rho x_i = A_i\mu^2\mu'^2 + (B_i\mu + C_i\mu')\mu\mu' + a_i\mu^2 + b_i\mu\mu' + c_i\mu'^2 + d_i\mu + c_i\mu'.$$

Remplaçons, dans cette formule,

$$(15)\quad \mu \text{ par } \frac{1}{\lambda}, \qquad \mu' \text{ par } \frac{1}{\lambda'}, \qquad \rho \text{ par } \frac{\rho}{\lambda^2\lambda'^2}.$$

Elle deviendra

$$(16)\quad \rho x_i = A_i + B_i\lambda' + C_i\lambda + a_i\lambda'^2 + b_i\lambda\lambda' + c_i\lambda^2 + (d_i\lambda' + e_i\lambda)\lambda\lambda'.$$

Dans les équations (14) les seconds membres s'annulent, non seulement pour la solution $\mu = \mu' = 0$, mais encore pour trois autres systèmes de solutions. A ces trois solutions la substitution (15) en fera correspondre trois autres, qui annuleront les seconds membres des équations (16). Si donc l'on considère λ, λ' comme les coordonnées d'un point du plan, les courbes

du troisième degré, représentées par les équations

$$A_i + B_i\lambda' + C_i\lambda + a_i\lambda^2 + b_i\lambda\lambda' + c_i\lambda^2 + (d_i\lambda' + e_i\lambda)\lambda\lambda' = 0,$$

auront, en commun, trois points situés à distance finie; mais auront, en outre, deux directions asymptotiques communes parallèles aux axes. Donc :

Les sections sphériques de la cyclide sont représentées sur le plan par toutes les courbes du troisième degré qui passent par cinq points distincts.

Si l'on veut se borner à considérer les sections planes, il suffit de remarquer que les coordonnées rectilignes d'un point sont des fonctions linéaires des coordonnées pentasphériques et que, par suite, les sections planes de la surface sont représentées par des cubiques qui passent par les cinq points. C'est la solution que Clebsch a prise comme point de départ. Au reste, on peut obtenir directement les équations des courbes qui représentent les sections planes de la cyclide. Car on sait que l'équation

$$\Sigma h_i x_i = 0, \tag{17}$$

qui définit, en général, une sphère, représente un plan si les constantes h_i satisfont à la condition

$$\sum \frac{h_i}{R_i} = 0, \tag{18}$$

R_i désignant le rayon de la sphère coordonnée (S_i).

Ce qui concerne la représentation de la courbe double de la cyclide se présente aussi avec la plus grande simplicité. Car l'équation du plan de l'infini étant, en coordonnées pentasphériques,

$$\sum \frac{x_i}{R_i} = 0, \tag{19}$$

la courbe du troisième degré qu'on obtiendra en remplaçant dans cette équations les x_i par les valeurs (16) servira de représentation à la courbe double. On verra facilement, comme l'a indiqué Clebsch, que les deux points de la courbe qui correspondent à un même point de la conique double sont en ligne droite avec un point fixe pris également sur cette courbe et que l'on construira aisément. En général, il sera possible de résoudre toutes les questions relatives à la représentation de la surface; puisqu'on a, en même temps que l'expression des coordonnées x_i en fonction de μ, μ' ou de λ, λ', celle de ces variables en fonction des coordonnées x_i.

Les résultats s'énonceront avec une plus grande élégance si, aux variables

primitives μ, μ', on substitue les variables α, β définies par les relations

$$\mu = \alpha + \beta i, \qquad \mu' = \alpha - \beta i.$$

Alors les sections sphériques de la cyclide seront représentées par ces courbes auxquelles les géomètres anglais donnent le nom de *quartiques bicurculaires*. Ces courbes passeront par quatre points fixes. Les seize droites de la surface correspondront à ces quatre points fixes, aux huit droites isotropes passant par l'un de ces points et aux quatre cercles passant par trois d'entre eux. Six des séries de sections circulaires correspondront aux cercles passant par deux de ces points. Les cercles qui passent par l'un d'eux et par deux quelconques des points qui servent de représentation à un même point de la courbe double iront passer par un point fixe de la quartique qui sert de représentation à la courbe double; etc.

ASTRONOMIE. — *Sur la* scintillation; *comparaison avec les* ondulations *des images instrumentales célestes*. Note de M. G. **Bigourdan**.

Les ondulations instrumentales des images célestes sont produites par notre atmosphère, par les mouvements et les irrégularités de ses diverses couches; et il en est de même du phénomène bien connu de la scintillation des étoiles.

Ces deux phénomènes, ondulations et oscillations, ont donc une proche parenté; voyons si, comme on l'a fait quelquefois, il est possible de les regarder comme identiques.

Scintillation. — La scintillation des étoiles est un phénomène très complexe qui, à l'œil nu, consiste en des variations rapides d'éclat, de couleur, de grandeur apparente, accompagnées de rayons divergents; ceux-ci paraissent s'élancer de l'étoile, et sont d'autant plus longs que l'éclat de l'étoile considérée est plus grand.

La cause de ces rayons divergents est incontestablement dans l'œil de l'observateur, mais les changements d'éclat et de couleur sont réels ([1]).

Souvent on a voulu, avec Mairan, Biot, Kœmtz, expliquer la scintil-

---

([1]) Cela résulte des observations faites avec certains scintillomètres, ou sur les images des étoiles décomposées en spectre, comme l'ont fait MM. C. Wolf, Respighi, etc.

lation par une oscillation, un simple tremblotement produit par l'atmosphère, par des variations sensibles de la réfraction; mais les étoiles scintillent quelquefois beaucoup sans osciller notablement. Aussi Arago, dans une notice bien connue (1), s'élève fortement contre cette explication. Toutefois, il est certain qu'il y a aussi déplacement, et l'on peut le prouver d'une manière bien simple :

Devant l'objectif d'une lunette de $0^{m},30$ d'ouverture, par exemple, plaçons un écran percé de trois trous d'environ $0^{m},03$ de diamètre, et visons une étoile; puis, après avoir mis l'oculaire au point, enfonçons-le suffisamment. On obtient ainsi trois images circulaires de l'étoile, et le triangle qu'elles déterminent change constamment de forme, lorsque les images scintillent, ce qui prouve bien que chaque image est mobile.

Aussi l'étoile, examinée au foyer, est alors un petit cercle plus ou moins régulier qui constitue ce qu'on appelle parfois le *cercle de dissipation* (2), et dont la constitution est d'ailleurs fort variable suivant les circonstances.

Ainsi, il ne paraît pas y avoir identité entre les ondulations et la scintillation; et je me propose de passer en revue les diverses circonstances qui font varier la scintillation pour voir jusqu'à quel point les ondulations instrumentales suivent une marche parallèle.

Une bonne théorie de la scintillation pourrait nous guider avantageusement dans cette comparaison; mais aucune de celles qui ont été proposées n'a réuni tous les suffrages. Celle d'Arago, qui est la plus connue, a aujourd'hui moins de faveur.

De même, on n'est pas d'accord sur le siège réel de la scintillation; beaucoup le placent dans les basses couches de l'atmosphère, mais d'autres soutiennent qu'il se trouve dans les régions élevées, en s'appuyant sur les observations faites en haute altitude.

Les observations de scintillation sont aujourd'hui négligées; aussi nous ne disposons guère que de celles un peu anciennes faites par Ch. Dufour, à Morges, à partir de 1853, et par Ch. Montigny, à Bruxelles, à partir

---

(1) *De la scintillation*. Notice dans *Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1852, p. 363-504 [A], ou *Œuvres complètes*, t. VII, p. 1-96 [B].

Les lettres A, B, Z, AA, BB, AC, ..., placées entre crochets après chaque Mémoire, sont destinées à le désigner, pour éviter de répéter plusieurs fois son titre et donner ainsi plus de concision aux indications bibliographiques.

(2) On l'appelle aussi *cercle de dispersion scintillatoire*, mais ce nom paraît devoir être rejeté parce qu'il suppose l'identité entre la scintillation et les ondulations.

de 1870; même nous n'avons que les conclusions que ces observateurs [1] ont tirées.

Pour la scintillation comme pour les ondulations, phénomènes très fugitifs, l'observation ne saisit que les caractères les plus saillants; et ces caractères doivent varier avec le mode d'observation, avec les instruments employés; comparons d'abord les résultats que fournissent les divers modes d'observation.

Scintillomètres. — Le plus ancien paraît être celui de Simon Marius, constitué par une petite lunette sans oculaire; en plaçant l'œil au foyer, on aperçoit l'étoile sous forme d'un cercle, toujours en ébullition, parcouru successivement par diverses couleurs rapidement variables; la rapidité de ces changements est liée à la scintillation.

En général, on préfère les scintillomètres qui séparent ces couleurs successives et qui sont basés sur la persistance des impressions lumineuses dans l'œil : ceux de Montigny [2] étalent l'image en trait ou en ruban circulaire.

Les principales indications données par ce scintillomètre sont les suivantes :

1° Le nombre de changements de couleur de l'étoile en une seconde; ce nombre, ramené toujours à la hauteur de 30°, est considéré comme *l'intensité* de la scintillation.

---

(1) Ces observations paraissent avoir été provoquées par la Notice d'Arago. Pendant quelques années on espéra qu'elles fourniraient des pronostics sur les prochains changements de temps; mais, quand les lois du déplacement des dépressions barométriques furent bien établies, et utilisées pour les prévisions météorologiques, les observations de scintillation furent presque complètement abandonnées.

(2) Il les a décrits dans les *Mémoires couronnés* de l'Académie de Belgique (t. XXVIII, 1856 [C]) et, sous la forme définitive, dans les *Bulletins* de la même Académie (*Brux. Bull.*).

Voir par exemple :

Note sur un nouveau scintillomètre (*Brux. Bull.*, t. XVII_2, 1864, p. 260-275 [D]).

Recherches expérimentales... (*Brux. Bull.*, t. XXVII_2, 1869, p. 443-455 [E]).

Description d'un nouveau scintillomètre et recherches..., Bruxelles, 1878, 84 p. et 1 pl. [F].

Sur le scintillomètre (*C. R. Ass. française*, 1878, p. 300-302 [G]).

La scintillation des étoiles, dans *Ciel et Terre*, t. V, 1884-1885, p. 205... [H].

Sur les diverses apparences.... Description du scintillomètre, Bruxelles, 1888, 25 p. et pl. [J].

2° Les divers caractères que présente le trait circulaire : épaisseur, régularité....

3° Les couleurs que présente ce trait.

L'*intensité*, telle qu'elle vient d'être définie, peut dépendre de l'ouverture, de la distance focale, ..., de la lunette employée; mais nous n'avons à ce sujet aucune donnée. Aussi serait-il intéressant de faire en un même lieu et au même instant des essais comparatifs de scintillomètres différents et avec diverses lunettes ([1]) ou avec diverses ouvertures de la même lunette : un diaphragme à ouverture variable, tel qu'un iris, permettrait de faire facilement ces derniers essais.

Nous savons peu de chose aussi de l'influence de l'éclat des étoiles; d'après des observations faites par Goujon sous la direction d'Arago, dans une lunette on voit encore des couleurs sur une étoile de 6e grandeur développée en ruban, mais il n'en resterait aucune trace dans celles de 7e.

Ch. Dufour, de son côté, après avoir quelque temps observé avec un scintillomètre spécial ([2]), l'abandonna bientôt pour faire à l'œil nu les observations qui l'ont conduit aux lois qui portent son nom.

Il notait d'abord la scintillation par les nombres 0 à 10 ([3]), « zéro étant une scintillation nulle, et 10 une de ces scintillations fortes qui ne se rencontrent que rarement, et seulement alors que l'étoile est près de l'horizon et qu'elle paraît scintiller, changer de couleur et parfois même disparaître ». Puis, avec un peu d'exercice, il trouva des degrés entre 0 et 1, 1 et 2, ..., qu'il désignait par exemple par 0,7 — 1,2 — ..., ce qui revenait à diviser l'intervalle total en 100.

Ce procédé, qu'il compare bien à tort à l'estimation d'éclat des étoiles

([1]) M. See a fait des comparaisons de ce genre entre diverses lunettes et l'œil nu *On the cause of the Scintillation of the Fixed Stars* (*Astr. Nachr.*, t. CXLIV, 1897, n° 3455, col. 355, ... [K]).

([2]) *De la scintillation des étoiles et de divers moyens proposés pour en mesurer l'intensité* (*Bull. des séances de la Soc. vaudoise des Sc. nat.*, t. III [1854], 1849-1853, p. 234-242 [L]).

([3]) *Sur la scintillation des étoiles* (*Ibid.*, t. V [1858], 1856-1857, p. 17-26, avec pl. [M]); — *Instructions pour l'observation de la scintillation des étoiles* (*Ibid.*, t. VI [1859], p. 363-371 [N]).

Voir aussi, pour les travaux de Dufour :

Note relative à la scintillation des étoiles (*Ann. hydrogr.*, t. XVI, 1894, p. 19-22 [O]; — *Ibid.*, t. XVII, 1895, p. 108 [P], et *Revue maritime et coloniale*, t. CXXIII, 1894, p. 161-165 [Q]).

par la méthode des degrés, soulève des objections que Dufour est le premier à reconnaître, et qui furent développées par l'abbé Moigno et Babinet.

Les observations faites par Dufour sont-elles comparables à celles de Montigny? Dufour pense que l'emploi d'un « instrument de précision » est préférable; et Montigny dit qu'avec son scintillomètre il a vérifié les lois de Dufour.

Une circonstance qui montre bien le parti qu'on peut tirer des observations à l'œil nu, c'est qu'elles ont révélé à Dufour les lois qui portent son nom (1) et qui ont toujours été confirmées depuis, particulièrement les deux premières.

Passons maintenant à la comparaison de la scintillation et des ondulations dans les diverses circonstances que les observations nous permettent de discuter.

Influence de la constitution spectrale des étoiles. — Dufour a établi (1re loi) que les étoiles rouges scintillent moins que les étoiles blanches. Ce fait, confirmé par Montigny (2) (voir [R] à [V]), s'explique d'ailleurs aisément par l'examen du spectre et par les lois établies par Respighi. Voici le Tableau résumé des observations de Montigny : la scintillation est ramenée

---

(1) 1° Toutes choses égales d'ailleurs, les étoiles rouges scintillent moins que les étoiles blanches.

2° L'intensité de la scintillation est à peu près proportionnelle au produit obtenu en multipliant la réfraction astronomique, pour la hauteur à laquelle se trouve l'étoile, par l'épaisseur de la couche d'air traversée par le rayon lumineux que l'on considère.

3° Outre le fait de la différence des couleurs, il paraît y avoir encore, entre la scintillation des diverses étoiles, des différences essentielles qui proviennent peut-être des étoiles elles-mêmes. (Voir [M], p. 10 du tirage à part.)

(2) *La fréquence des variations de couleur des étoiles... est généralement en rapport avec la constitution de leur lumière*, etc. (*Brux. Bull.*, t. XXXVII_2, 1874, p. 165-190 [R]).

Nouvelles recherches sur la fréquence de la scintillation des étoiles dans ses rapports avec la constitution de leur lumière (*Brux. Bull.*, t. XXXVIII_2, 1874, p. 300-320 [S]).

Recherches sur les changements de couleurs qui caractérisent la scintillation des étoiles de teinte rouge, etc. (*Brux. Bull.*, t. XLV_2, 1878, p. 391-401 [T]).

Notice sur la scintillation de l'étoile principale de γ Andromède dans ses rapports avec la couleur de cette étoile (*Brux. Bull.*, t. XLVIII_2, 1879, p. 22-37 [U]).

Notice sur la scintillation des étoiles dans ses rapports avec la constitution de leur lumière (*Brux. Bull.*, t. VI_3, 1883, p. 644-664 [V]).

à la hauteur de 30° au moyen de la deuxième loi de Dufour, et les types spectraux dont il s'agit ici sont ceux du P. Secchi :

Série d'observations à partir de 1870.	Intensité moyenne de la scintillation. 1er type.	2e type.	3e type.	Nombre des étoiles observées.	Nombre des observations.
Jusqu'au 1er décembre 1873...	86	69	56	41	611
» 1er septembre 1877...	86	74	57	108	3203
» 1er décembre 1883...	87	79	59	120	25171

Pour comparer ces résultats à ce qui a lieu pour les ondulations, nous manquons d'observations relativement à ces dernières. Mais souvent, dans les mesures d'études doubles, j'ai été frappé de ne pouvoir mesurer certains couples alors que la même difficulté ne se présentait pas pour d'autres dont l'éclat, la distance et la hauteur étaient comparables. Parfois aussi, dans les mêmes conditions, des étoiles de même éclat n'ont pas leurs disques de diffraction de même diamètre; et il y a lieu de tenir compte de cette circonstance quand on veut juger sur une étoile double du pouvoir séparateur d'une lunette.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'amidure de sodium sur les allyldialcoylacétophénones : II. Préparation des 3.5-diméthyl-3-éthyl et 3.3-diéthyl-5-méthylpyrrolidones* 2. Note de MM. **A. Haller** et **Édouard Bauer**.

Dans une première Note ([1]) nous avons fait remarquer que l'allyldiméthylacétophénone ne se comporte pas, vis-à-vis de l'amidure de sodium, comme les trialcoylacétophénones dans lesquelles les trois radicaux, substitués à l'hydrogène du groupement CH^3, sont des radicaux monovalents saturés de la série grasse ou de la série aromatique. Rappelons que, sous l'influence de NH^2Na, ces cétones trialcoylées se scindent nettement en amides sodées des acides trialcoylacétiques et en benzène ([2])

$$\begin{matrix}R\searrow\\R_1\!-\!C.COC^6H^5\\R_2\nearrow\end{matrix} + NH^2Na = \begin{matrix}R\searrow\\R_1\!-\!C-CONHNa\\R_2\nearrow\end{matrix} + C^6H^6.$$

([1]) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1086.

([2]) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 127; t. 149, 1909, p. 5.

L'introduction du radical allyle $CH^2 = CHCH^2$, au lieu et place de R, confère aux cétones non saturées ainsi obtenues la propriété de donner naissance à des méthylpyrrolidones bisubstituées. L'allyldiméthylacétophénone fournit dans ces conditions de la 3.3.5-triméthylpyrrolidone 2, dont la constitution a été rigoureusement établie par l'analyse et par la synthèse.

La présente Note a pour but de montrer que l'allylméthyléthylacétophénone et l'allyldiéthylacétophénone se comportent comme leur homologue inférieur et fournissent, la première, de la 3.5-*diméthyl-3-éthylpyrrolidone* 2 et la seconde de la 3.3-*diéthyl-5-méthylpyrrolidone* 2. Il en résulte que la condensation observée avec les cétones mises en œuvre peut être considérée comme une réaction générale propre à toutes les allyldialcoylacétophénones.

$$\underset{\text{Allyldialcoylacétophénone.}}{\begin{matrix} R \\ R_1 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle CO - C^6H^5}{\overset{|}{C}}.CH^2 - CH = CH^2} \; NH^2Na = \underset{\text{3.3-dialcoyl-5-méthylpyrrolidone 2.}}{\begin{matrix} R \\ R_1 \end{matrix}\!\!>\!\begin{matrix} C - CH^2.CH - CH^3 \\ | \qquad\qquad | \\ CO \text{———} NNa \end{matrix}} + C^6H^6.$$

Action de l'amidure de sodium sur l'allylméthyléthylacétophénone 3.5-*diméthyl*-3-*éthylpyrrolidone* 2 :

$$\begin{matrix} C^2H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!\begin{matrix} C - CH^2 - CH - CH^3 \\ | \qquad\qquad\quad | \\ CO \text{————} NH \end{matrix}$$

66g de la cétone allylée ont été dissous dans le même poids de benzène anhydre, puis on a ajouté à la solution 20g ($0^{mol},5$) d'amidure de sodium préalablement réduit en poudre fine. On chauffe le mélange à l'ébullition pendant 24 heures et, après un léger refroidissement, on l'additionne peu à peu d'eau froide. Le liquide se sépare en deux couches; on soutire la couche supérieure qu'on lave avec de l'eau et qu'on sèche. Après avoir chassé le benzène par distillation, on obtient un résidu qui, à la rectification, passe de 134° à 136° sous 16^{mm}. Ce produit ne tarde pas à se prendre en une masse cristalline qu'on purifie par des cristallisations répétées dans un mélange d'éther de pétrole et d'éther anhydre. Les cristaux fondent à 82°.

L'analyse de ce corps donne des chiffres répondant bien à la formule $C^8H^{15}ON$ qui est celle de la 3.5-*diméthyl*-3-*éthylpyrrolidone* 2. Ce corps est soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther et le benzène. Il est moins soluble dans l'éther de pétrole et ne décolore pas le brome.

Action de l'amidure de sodium sur l'allyldiéthylacétophénone 3.3-*diéthyl*-5-

méthylpyrrolidone 2 :

$$\begin{array}{l} C^2H^5 \\ C^2H^5 \end{array} \!\!>\! \underset{\displaystyle |\atop CO}{C} - CH^2 - \underset{\displaystyle |\atop NH}{CH} - CH^3$$

Le dédoublement de cette cétone s'est effectué dans les mêmes conditions que celui de ses homologues inférieurs, en chauffant volumes égaux de benzène et de cétone avec un léger excès d'amidure de sodium.

La pyrrolidone obtenue se présente sous la forme de cristaux blancs fondant à 49°-50° et distillant sous 16^{mm} entre 144° et 146°. Le produit est soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther et le benzène, et ne décolore pas l'eau de brome.

La réaction de dédoublement et de condensation subséquente provoquée par l'amidure de sodium sur les allyltrialcoylacétophénones est donc une réaction générale; elle s'appliquera probablement à toutes les combinaisons cétoniques dans lesquelles se trouve une double liaison située en γ vis-à-vis de la fonction cétone.

Pour terminer l'histoire des trois pyrrolidones trisubstituées décrites par nous, nous ferons remarquer : 1° qu'elles sont homologues; 2° que, sous la même pression, leurs points d'ébullition augmentent de 10°; 3° que leur point de fusion va au contraire en diminuant avec l'accroissement du poids moléculaire.

	Formules brutes.	Points d'ébull. sous 16^{mm}.	Points de fusion.
		° °	°
3.3.5-triméthylpyrrolidone 2........	$C^7H^{13}ON$	123-124	92
3.5-diméthyl-3-éthylpyrrolinone 2...	$C^8H^{15}ON$	134-136	82
3.3-diéthyl-5-méthylpyrrolidone 2...	$C^9H^{17}ON$	144-146	49-50

PARASITOLOGIE. — *Sur les variétés acentrosomiques artificielles des Trypanosomes*. Note de M. A. **Laveran**.

Werbitzki a annoncé, en 1910, qu'en traitant les animaux infectés par le *Trypanosoma Brucei* au moyen de différents produits du groupe diphénylamine, en particulier par l'oxazine, on pouvait obtenir des trypanosomes dont le blépharoplaste ou centrosome était atrophié et chez lesquels cette modification morphologique était héréditaire.

J'ai entrepris, en 1911, des recherches sur cette question en collaboration avec M. Roudsky. Nous avons étudié l'action de l'oxazine sur diffé-

rents trypanosomes, et nous avons réussi à obtenir une variété acentrosomique du *Trypanosoma Evansi*, agent du surra, après 21 passages par souris traitées. Il résulte de nos recherches que l'oxazine et l'acridine ont une affinité remarquable pour la substance du centrosome qu'elles colorent *in vitro* et *in vivo*, et que l'atrophie du centrosome est vraisemblablement la conséquence d'une action directe, oxydante, de ces produits (¹).

Nous avons étudié plus récemment, M. Roudsky et moi, l'action du tryposafrol sur les centrosomes de différents trypanosomes; ce produit, dérivé de la safranine, est probablement un orthoquinoïde, comme l'oxazine et l'acridine; son action sur les centrosomes des trypanosomes est semblable à celle de l'oxazine (²).

Chez des souris infectées avec *Tr. Brucei* (agent du nagana), et traitées par le tryposafrol ($0^{mg},50$ à 1^{mg} pour une souris de 20^{g}), les centrosomes ont disparu complètement au 16e passage et cette modification s'est maintenue aux passages suivants chez des souris non traitées.

Pour des trypanosomes autres que *Tr. Evansi* et *Tr. Brucei*, en particulier pour *Tr. soudanense*, *Tr. gambiense* et *Tr. rhodesiense*, nous n'avons obtenu, soit avec l'oxazine, soit avec le tryposafrol, que des résultats incomplets, c'est-à-dire que nous n'avons réussi à faire disparaître les centrosomes que chez une partie des parasites. Ce sont des trypanosomes non pathogènes, le *Tr. Lewisi* et le *Tr. Duttoni*, qui se sont montrés les plus rebelles.

Depuis 1911, j'ai conservé dans mon laboratoire le *Tr. Evansi* acentrosomique sur souris et, à la date du 17 avril courant, l'examen du sang de la souris du 450e passage m'a montré que tous les trypanosomes étaient restés acentrosomiques. Des passages par cobayes, chiens et chèvres n'ont pas eu non plus pour effet de faire reparaître les centrosomes; il est probable que leur disparition est définitive.

Le *Tr. Brucei* acentrosomique a subi, dans mon laboratoire, 136 passages par souris, 111 par rats, 26 par cobayes, 273 passages en tout, sans que les centrosomes aient reparu.

Ce sont là des exemples très curieux d'une modification morphologique obtenue chez un Protozoaire à l'aide d'un agent chimique et transmise indéfiniment par hérédité.

Dans la détermination des trypanosomes, les caractères des centrosomes

---

(¹) A. Laveran et D. Roudsky, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 226 et 916.

(²) Action indiquée déjà par H. Ritz, *Berlin. klin. Wochenschr.*, 1913, n° 30.

jouent un rôle important. Le trypanosome de la maladie des Equidés d'Amérique connue sous le nom de *mal de caderas* est caractérisé surtout par ce fait que son centrosome est rudimentaire. Un observateur non prévenu qui examinerait des préparations du sang d'un animal infecté par le *Tr. Evansi* normal et des préparations d'un autre animal infecté par le *Tr. Evansi* acentrosomique, et qui s'en rapporterait aux seuls caractères morphologiques, n'hésiterait pas à conclure à l'existence de trypanosomiases de deux espèces différentes. Mais, pour caractériser l'espèce, il ne faut pas s'en tenir uniquement aux caractères morphologiques, il faut considérer aussi les caractères biologiques. L'expérience de l'immunité croisée que nous avons préconisée, M. Mesnil et moi, permettrait d'éviter ici la cause d'erreur en montrant que les animaux immunisés pour le trypanosome avec centrosome ont l'immunité pour le trypanosome acentrosomique et inversement. L'immunité que donne une atteinte de l'infection produite par le *Tr. Evansi* ou par le *Tr. Brucei* acentrosomique est seulement un peu moins complète que celle due à des infections produites par les espèces souches de ces trypanosomes, ce qui s'explique par le fait que les espèces souches sont un peu plus virulentes que leurs variétés acentrosomiques.

J'ai signalé déjà que la variété acentrosomique du *Tr. Brucei* a une virulence un peu amoindrie [1]; il en est de même de la variété acentrosomique du *Tr. Evansi*, comme le montrent les expériences suivantes faites sur des Caprins avec le *Tr. Evansi* normal d'une part, et avec le *Tr. Evansi* acentrosomique d'autre part.

Trois chèvres inoculées avec le *Tr. Evansi* normal ont des infections graves avec de fortes poussées fébriles; une de ces chèvres présente un amaigrissement très marqué (le poids tombe de 54^{kg} à 30^{kg}), et des phénomènes nerveux : tremblements, ataxie, parésie du train postérieur, qui dénotent des altérations médullaires; la chèvre se rétablit incomplètement, reste faible et anémique, et finit par mourir de pneumonie. La durée moyenne de l'infection dans ces trois cas est de 6 mois et demi.

Deux chevrettes, âgées de 1 mois, inoculées avec le même virus, meurent : la première au bout de 71 jours, la deuxième au bout de 6 mois et demi.

Deux chèvres et un bouc inoculés avec le *Tr. Evansi* acentrosomique ont des infections légères, sans amaigrissement, sans poussées fébriles,

---

(1) A. LAVERAN, *Soc. de path. exotique*, 12 avril 1911 et 14 février 1912. — A. LAVERAN et D. ROUDSKY, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 226.

terminées par guérison dans les trois cas, d'une durée moyenne de 3 mois et demi.

Les chevrettes m'ont malheureusement fait défaut pour l'étude de la virulence du *Tr. Evansi* acentrosomique.

Deux moutons, inoculés avec le *Tr. Brucei* normal, ont des infections bien caractérisées par de l'amaigrissement ou des poussées fébriles, la durée de l'infection est de 9 mois et demi dans un cas, de 8 mois dans l'autre; moyenne 8 mois, 75.

Deux moutons inoculés avec le *Tr. Brucei* acentrosomique, dans les mêmes conditions d'ailleurs que les premiers, ont des infections légères, sans amaigrissement et sans poussées fébriles, d'une durée de 7 mois et demi dans les deux cas.

Il résulte de ces faits que si l'on voulait inoculer préventivement de surra ou de nagana des animaux qui, comme les Caprins et les Bovidés, résistent assez bien à ces infections, et acquièrent l'immunité à la suite d'une première atteinte, il y aurait avantage à se servir du *Tr. Evansi* ou du *Tr. Brucei* acentrosomique.

M. **L. Lecornu** donne lecture d'une Notice nécrologique sur son prédécesseur *Maurice Levy*.

M. **B. Baillaud** présente à l'Académie le Tome XV des *Annales de l'Observatoire de Bordeaux* et attire l'attention sur l'importance et la variété des travaux que renferme cette belle série.

M. **Pierre Duhem** fait hommage à l'Académie d'une brochure qu'il vient de publier sous le titre : *La Science allemande*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de trois de ses Membres qui feront partie du *Conseil de la Fondation Loutreuil*.

M. **Émile Picard**, pour la Division des Sciences mathématiques; M. **H. Le Chatelier**, pour la Division des Sciences physiques; le Prince **Bonaparte**, pour les Académiciens libres, réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de* 1914. Note de M. J. GUILLAUME, présentée par M. B. Baillaud.

Les principaux faits résultant des 58 jours d'observations de ce trimestre se résument ainsi :

Taches. — Par rapport au trimestre précédent, on remarque que, malgré un nombre double de groupes enregistrés (25 au lieu de 12), l'aire totale tachée est un peu moindre (1220 millionièmes au lieu de 1321); ce fait s'explique par l'absence de tache de l'importance de celle observée en août et en septembre (¹).

Cette augmentation numérique dans la production des taches a été trois fois plus forte dans l'hémisphère boréal (avec 14 groupes au lieu de 4) que dans l'hémisphère austral (avec 11 groupes au lieu de 8).

La latitude moyenne des groupes, dans l'ensemble, a été de — 20° et + 21°, au lieu de — 27° et + 18°,5 précédemment.

Enfin, le nombre proportionnel trimestriel des jours sans taches a passé de 0,42 à 0,16; le Soleil n'a paru dépourvu de taches en aucun des jours d'observation, dans les deux derniers mois de l'année 1914.

Régions d'activité. — Malgré un nombre de groupes moindre d'un quart, la surface totale des facules a augmenté d'environ un tiers; on a, en effet, 44 groupes et 39,4 millièmes, au lieu de 59 groupes et 29,7 millièmes.

Les changements survenus dans la répartition des groupes par hémisphère sont de 14 groupes en moins au sud de l'équateur (21 au lieu de 35) et de 1 en moins au nord (23 au lieu de 24).

(¹) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 471.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre. — 0,43.			
10-11	2	7,8		+19	10
13	1	13,7		+18	4
20-21	2	21,1	−29		15
26	1	24,5	−12		5
22-27	4	24,9		+21	20
27- 2	3	28,6		+23	46
	21 j.		−20°,5	+20°,3	
		Novembre. — 0,00.			
5- 9	3	8,0	−19		12
8-15	6	9,3		+23	132
13-15	3	17,5	−18		13
17-20	3	18,5	−20		4
18-27	6	24,5		+20	66
25-27	3	30,2		+16	52
	18 j.		−19°,0	+19°,7	
		Décembre. — 0,00.			
2	1	1,8	−18		74
27- 9	11	3,5	−23		291
29- 9	9	5,2		+16	104
12	1	8,3	−15		8
5-15	8	9,9		+18	86
12	1	10,1	−24		8
12-19	6	13,7	−23		137
12	1	14,7		+22	3
18-23	4	23,1		+22	39
29-30	2	25,0		+22	10
26	1	27,5		+28	9
3- 5	2	30,5		+27	41
26- 3	7	31,1	−23		31
	19 j.		−21°,0	+22°,1	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1914.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	1	1	»	2	4	»	2	2	»	»	6	100
Novembre...	»	»	»	3	»	3	3	»	2	1	»	»	6	279
Décembre...	»	»	4	2	»	6	7	»	2	5	»	»	13	841
Totaux....	»	»	5	6	»	11	14	»	6	8	»	»	25	1220

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1914.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	1	7	1	»	9	7	»	3	2	1	1	16	11,5
Novembre...	»	»	1	1	»	2	6	»	1	4	1	»	8	9,1
Décembre...	1	»	7	2	»	10	10	»	2	7	»	1	20	18,8
Totaux....	1	1	15	4	»	21	23	»	6	13	2	2	44	39,4

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Variation de la longueur d'onde des raies telluriques avec la hauteur du Soleil.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. H. Deslandres.

Comme conséquence de la théorie du mouvement des centres absorbants dans l'atmosphère solaire [1] et des expériences que j'ai faites sur les vitesses des centres lumineux dans les gaz illuminés électriquement [2], j'ai été amené à rechercher si les centres absorbants, qui, situés dans l'atmosphère terrestre, produisent les raies telluriques dans le spectre de la lumière solaire, ne sont pas animés de certains mouvements dirigés. C'est la première partie de cette étude, portant sur une raie du groupe B de l'oxygène, que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie.

Si, quelle qu'en soit la cause, les centres absorbants qui produisent B sont animés d'un mouvement général, la longueur d'onde des raies du groupe sera altérée par suite de ce mouvement pour un observateur placé à la surface de la Terre, et la valeur de cette altération, due au principe de Doppler-Fizeau, dépendra de la composante de la vitesse des centres suivant le rayon lumineux solaire. Si la vitesse est dirigée suivant le rayon terrestre, l'altération dépendra de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, et la longueur d'onde variera avec l'heure à laquelle elle sera mesurée.

Il suffit donc, pour mettre en évidence le phénomène, de déterminer les valeurs de la longueur d'onde à différentes heures de la journée, ou seulement ses variations.

L'appareil utilisé a été le spectroscope interférentiel que j'ai installé à l'Observatoire de Meudon et qui a déjà été décrit.

Soient I le rayon angulaire d'un anneau donné par une raie du groupe B convenablement choisie, e l'épaisseur de l'étalon interférentiel, Λ la longueur d'onde, K un nombre entier; on a, lors d'une première mesure, faite à l'heure h,

$$2e\cos I = K\Lambda;$$

à une autre heure h_1, la longueur d'onde Λ pourra avoir changé, de même que l'épaisseur de l'étalon par suite de variations de la température et de la pression atmosphérique; la différentielle logarithmique de l'équation ci-dessus donne

$$\frac{\delta e}{e} - \operatorname{tang} I \, \delta I = \frac{\delta\Lambda}{\Lambda}.$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 36; t. 154, 1912, p. 1684.
(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 132, 310 et 1679.

Si l'on considère une raie solaire de longueur d'onde λ, on aura de même

$$\frac{\partial e}{e} - \operatorname{tang} i\, \partial i = \frac{\partial \lambda}{\lambda},$$

mais, dans ce cas, la valeur de la variation $\partial\lambda$ peut être calculée; si l'on a eu soin de prendre toujours, par exemple, la lumière émanée du centre du Soleil, cette variation ne vient que de la variation de la vitesse radiale du lieu de l'observation relativement au Soleil, aux heures h et h_1, due au mouvement diurne, la vitesse de la Terre sur l'écliptique, dans le cours d'une journée, pouvant être considérée comme constante. L'expression de cette vitesse radiale est, en employant les notations habituelles,

$$u = V \cos\varphi \cos \mathbb{D} \sin \mathit{Æ},$$

où V est la vitesse équatoriale.

La comparaison des deux équations précédentes donne

$$\frac{\partial \Lambda}{\Lambda} = \frac{\partial \lambda}{\lambda} + \operatorname{tang} i\, \partial i - \operatorname{tang} I\, \partial I,$$

d'où la possibilité de déterminer $\frac{\partial \Lambda}{\Lambda}$.

Les mesures faites en juin 1914 ont montré que la longueur d'onde croît du matin à midi, pour décroître de midi au soir; le Tableau suivant donne les résultats obtenus :

Date. Juin 1914.	Heures.	$\frac{\delta\Lambda}{\Lambda}$.	$\delta\Lambda$ observé. Å.	$\delta\Lambda$ calculé. Å.
4.......	14h57m-15h35m	0,5.10⁻⁶	0,003	0,006
4.......	14.57-15.35	2,5	0,017	0,016
4.......	14.57-16.33	4,0	0,027	0,027
6.......	16.23-18.22	—4,0	—0,027	—0,025
6-10....	16.23- 8.22	—1,7	—0,012	—0,012
10.......	9.46-11. 3	—0,6	—0,004	—0,005
12.......	7.13- 7.45	—0,6	—0,004	—0,006
12.......	7.13- 9. 1	—2,2	—0,015	—0,017
26.......	15.40-16.46	1,3	0,009	0,012
26.......	15.40-17.52	4,2	0,029	0,024

Si les centres absorbants s'éloignent de la Terre, et si l'on fait abstraction de l'effet dû au mouvement diurne qui doit produire une variation régulière du matin au soir, mais très faible, très inférieure aux erreurs d'observation, les variations de longueur d'onde d'une heure à l'autre doivent être proportionnelles à la différence des sinus de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon à ces deux heures.

J'ai mesuré les hauteurs du Soleil lors des différentes mesures et calculé les nombres de la dernière colonne du Tableau précédent en admettant que les centres s'éloignent de la Terre avec une vitesse de $3^{km},15$ par seconde.

La comparaison de ces nombres avec ceux de la colonne précédente montre sans conteste que, en attendant l'achèvement de ce travail et son extension aux raies de la vapeur d'eau, suspendus par la guerre, on peut admettre que les centres absorbants qui produisent le groupe B s'éloignaient de la Terre au mois de juin 1914, aux environs de la verticale de l'Observatoire de Meudon, avec une vitesse voisine de 3^{km} par seconde.

Enfin une remarque s'impose, c'est qu'on ne saurait considérer la longueur d'onde des raies telluriques comme invariable et que celles-ci constituent dans le spectre des repères à employer avec discernement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations de Laplace à invariants égaux.* Note [1] de M. E. **Bompiani**.

1. Soit donnée une équation de Laplace

$$\text{(E)} \qquad \frac{\partial^2 x}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2} + a\frac{\partial x}{\partial\rho_1} + b\frac{\partial x}{\partial\rho_2} + cx = 0,$$

dont les invariants

$$h = \frac{\partial a}{\partial\rho_1} + ab - c, \qquad k = \frac{\partial b}{\partial\rho_2} + ab - c$$

soient égaux. Les transformées de Laplace de l'équation (E) n'auront plus d'invariants égaux. Il peut cependant arriver qu'une équation de la suite, soit E_i, ait ses invariants égaux. Je dis que :

Si dans une suite de Laplace il y a deux équations à invariants égaux, il y en a une infinité et la suite est nécessairement périodique; il n'y a plus dans la suite que deux équations, à invariants égaux, distinctes.

Bien entendu nous considérons comme équivalentes deux équations qui aient les mêmes invariants. Indiquons les invariants de chaque équation en les mettant entre parenthèses après la lettre de l'équation; on aura

$$E(h, h),\ E_1(h_1, h),\ \ldots,\ E_{i-1}(h_{i-1}, h_{i-2}),\ E_i(h_i = h_{i-1}).$$

Or, d'après une formule de M. Darboux [1], on a

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 \log h h_1 \ldots h_{i-1}}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2} = 0,$$

[1] Séance du 19 avril 1915.

[1] *Leçons sur la théorie des surfaces*, t. II, p. 30, formule (28).

En outre, de l'équation (27) (*loc. cit.*), on a aussi

$$h_{i+1} = h_i - \frac{\partial^2 \log h_i}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2} = h_{i-1} - \frac{\partial^2 \log h_{i-1}}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2} = h_{i-1} + \frac{\partial^2 \log h h_1 \ldots h_{i-2}}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2} = h_{i-2}.$$

Nous allons maintenant prouver qu'on a en général

$$h_{i+k} = h_{i-k-1}.$$

Supposons que cela soit vrai jusqu'à une certaine valeur de k; pour la valeur suivante on a

$$h_{i+k+1} = h_{i+k} - \frac{\partial^2 \log h_i \ldots h_{i+k}}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2} = h_{i-k-1} - \frac{\partial^2 \log h_{i-1} \ldots h_{i-k}}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2}$$
$$= h_{i-k-1} + \frac{\partial^2 \log h h_1 \ldots h_{i-k-2}}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2} = h_{i-k-2}.$$

Le théorème étant vrai pour $k = 1$, il l'est toujours.

En particulier, $h_{2i} = h$, $h_{2i-i} = h$, c'est-à-dire que l'équation E_{2i} a les mêmes invariants que l'équation E; la suite est donc périodique. Si l'on a aussi $h_1 = h_{i-1} = h$, les équations E_{i-k} et E_{i+k} ont aussi les mêmes invariants, mais les variables de dérivation sont changées. Supposons maintenant qu'il y ait une autre équation $E_{i'}$ à invariants égaux, comprise entre E et E_i. Alors, ou i et i' ont un diviseur commun $\neq 1$, et alors les invariants de E_i doivent coïncider avec ceux de E ou de E_i, ou bien i et i' sont premiers relatifs, et alors toutes les équations de la suite ont les mêmes invariants ([1]).

On peut aussi compléter le théorème en ajoutant que : *Si dans une suite de Laplace il y a deux équations avec les mêmes invariants mais changés de place la suite est périodique* ([2]).

2. Voyons quelques cas particuliers.

Si $i = 1$, toutes les équations de la suite ont les mêmes invariants égaux; on tombe évidemment sur les équations

$$\frac{\partial^2 x}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2} = x.$$

([1]) La seconde partie de ce théorème peut être utilement rapprochée d'un théorème de M. Tzitzéica, sur lequel je reviens ci-après. Il dit que si (E) a ses invariants égaux et si $x^{(2n)} \equiv x$, il peut arriver que $x^{(m)} \equiv x$ si m est un diviseur ($\neq 2$) de $2n$: on peut ajouter que si cela arrive ($2n$ étant la période de la suite), il doit être $m = n$.

([2]) Si les invariants étaient les mêmes et dans le même ordre, le théorème aurait été évident.

Si $i=2$, on a $h.h_1=\varphi(\rho_1)\psi(\rho_2)$, et l'on peut remplacer les variables de manière à avoir $h.h_1=1$; si l'on pose $h=e^\Theta$ on a, pour déterminer Θ, l'équation

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2}=e^\Theta-e^{-\Theta}.$$

Elle ne diffère que par un facteur 2 au second membre de l'équation donnée par M. Darboux pour déterminer les suites dont les équations se reproduisent de deux en deux; mais il est bien clair que ces deux problèmes sont distincts et qu'ils n'admettent pas même des solutions communes. Autrement on aurait aussi $h=h_1$ et l'on tomberait sur le cas précédent.

Si $i=3$, on a $h.h_1.h_2=\varphi(\rho_1)\psi(\rho_2)$. Si l'on pose $h_i=e^{\Theta_i}$ après avoir réduit $h.h_1.h_2=1$ (ce qu'on peut, si ce produit n'est pas nul), on a pour déterminer les Θ_i le système

$$\Theta+\Theta_1+\Theta_2=0,$$
$$e^\Theta-e^{-(\Theta+\Theta_2)}=\frac{\partial^2\Theta}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2},$$
$$e^{\Theta_2}-e^{-(\Theta-\Theta_2)}=\frac{\partial^2\Theta_2}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2},$$

qui est, comme on devait s'y attendre, symétrique par rapport à Θ, Θ_2 [1]. Si $h=h_2$, Θ doit satisfaire à l'équation

$$e^\Theta-e^{-2\Theta}=\frac{\partial^2\Theta}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2}.$$

Supposons au contraire $h.h_1.h_2=0$: puisqu'il est inutile de supposer $h=0$, ce doit être $h_1=0$ ou bien $h_2=0$. On a les équations du premier type en prenant pour Θ les solutions de l'équation de Liouville, pendant que la construction des équations de l'autre type dépend de l'intégration du système

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2}=e^\Theta-e^{\Theta_1},$$
$$\frac{\partial^2\Theta_1}{\partial\rho_1\,\partial\rho_2}=2e^{\Theta_1}-e^\Theta.$$

---

(1) Le système formé par les deux dernières équations a été déjà rencontré par M. Guichard; voir : *Sur une classe particulière d'équations de M. Moutard* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 748).

PHYSIQUE. — *Tensions électriques agissant à la surface d'une nappe isolante liquide*. Note [1] de M. L. **Bouchet**, présentée par M. E. Bouty.

Nos résultats sur les déformations électriques du caoutchouc, sous l'action d'un champ électrostatique, nous ont conduit à étudier les attractions s'exerçant à la surface libre de divers isolants liquides : huile de vaseline, benzine, éther de pétrole; on évite de la sorte la complexité des effets provenant de l'élasticité des solides; de plus, les liquides sont mieux définis comme diélectriques.

En particulier, si le liquide est répandu sur l'une des armatures d'un condensateur plan et séparé de l'autre armature par un intervalle d'air, la nappe liquide, pour une tension donnée maintenue constante entre les armatures, est soumise à des forces électriques qui, dans des conditions déterminées, peuvent déformer le liquide d'une façon appréciable. Le dispositif suivant, qui réalise une sorte de balance électrostatique, nous a permis de mesurer de telles déformations et d'établir leurs relations avec le champ.

Les armatures du condensateur sont deux larges disques de laiton dont l'un est soudé sur le fond d'une cuve d'ébonite contenant le liquide; l'autre isolée avec soin est maintenue parallèlement à la nappe à une distance invariable. Le support de la cuve est muni de vis calantes permettant de rendre horizontale l'armature immergée; la distance entre les disques métalliques est de $12^{mm},8$ et la hauteur du liquide, variable pour chaque substance, est voisine de 7^{mm}. Le liquide de la cuve communique avec l'extérieur par un tube en verre traversant la paroi, et la surface libre hors de la cuve est observée à l'aide d'un microscope à micromètre oculaire, dans une portion du tube inclinée à 29° environ.

Le rapport entre les sections de l'ajutage en verre et de la cuve étant d'environ 500, on peut admettre que le niveau du liquide entre les armatures demeure invariable au cours d'une expérience.

Résultats. — 1° Entre les armatures du condensateur, nous avons établi brusquement une différence de potentiel, constante et égale à 5150 volts, empruntés à un générateur à haute tension actionné par un moteur asynchrone. Dès cet instant, nous avons relevé les déplacements du ménisque dans le tube incliné.

Ces déplacements furent très rapides et non suivis d'effet lent pour l'eau

---

[1] Séance du 19 avril 1915.

et le mercure, liquides conducteurs; ils furent, au contraire, suivis d'effet lent pour les liquides isolants. Le rapport des dénivellations dans le cas de l'eau et du mercure fut trouvé égal à celui des inverses des densités, résultat dû à l'identité des tensions électrostatiques à la surface de la nappe, les épaisseurs de liquide étant les mêmes.

Avec l'essence de térébenthine, la dénivellation, d'abord prompte au début, a continué à progresser pendant 2 minutes, pour finir encore à la limite de dépression assignée par la *conductibilité;* ce résultat confirme les observations faites par M. Malclès [1] sur la *conductibilité* des diélectriques liquides usuels.

2° L'effet lent a été noté à intervalles réguliers, pour l'huile de vaseline, la benzine et l'éther de pétrole; mais la limite de cet effet, accessible pour l'essence de térébenthine, ne l'est pas pour ces derniers liquides, à cause de la trop longue durée du phénomène.

A l'aide de nos mesures, nous avons construit, pour chaque liquide, la courbe représentative de l'effet lent en portant en abscisses les temps et en ordonnées les dépressions; le prolongement de la courbe jusqu'à l'axe nous a fourni une valeur approchée de l'ordonnée à l'origine, c'est-à-dire de la dépression instantanée.

Nous avons établi une relation entre cette dépression et le champ, en écrivant qu'il y a équilibre entre le poids du liquide soulevé et la *traction* qui agit à la surface de la nappe, traction que nous avons prise égale à

$$\frac{H^2}{8\pi}\cdot K.(K-1),$$

où H désigne la valeur du champ à l'intérieur du liquide et K la constante diélectrique vraie du milieu. C'est de cette relation que nous avons déduit les valeurs de K.

Les résultats des calculs ont concordé sensiblement avec ceux des mesures directes de la constante :

	Constantes déduites des attractions.	Constantes déduites d'une mesure directe.
Huile de vaseline	1,91	1,96
Benzine	2,18	2,24
Éther de pétrole	1,97	?

3° D'une part, par des mesures électrométriques directes effectuées sur

(1) *Comptes rendus*, t. **145**, 1907, p. 1326.

l'huile de vaseline, nous avons, pour des instants déterminés, obtenu les variations apparentes de K pendant environ 6 minutes; d'autre part, par la mesure des dépressions observées avec notre dispositif pendant le même temps, nous avons calculé les constantes apparentes, ainsi que nous l'avons fait pour la constante vraie. Ces deux manières de procéder nous ont fourni des résultats aussi concordants que possible, comme le montre le Tableau suivant :

Temps.	Constantes apparentes déduites des attractions.	Constantes apparentes déduites des variations de capacité.
10s	2,11	»
25	2,40	»
30	»	2,5
40	2,61	»
45	»	2,69
60	2,75	2,76
120	»	3,87
230	5,1	»
240	»	5,57
380	8,1	»
390	»	8,7

Ainsi, les déformations en question, même lorsqu'elles sont accompagnées d'effet lent, ne décèlent, dans les limites de nos expériences, aucune anomalie particulière; elles se rattachent normalement aux valeurs de la constante diélectrique vraie et aux variations lentes du pouvoir inducteur à travers le liquide.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le quatrième trimestre de* 1914. Note de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. B. Baillaud.

La répartition des jours perturbés, pendant le dernier trimestre de 1914, d'après notre enregistreur Marcart, est la suivante :

	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Total du trimestre.
Jours parfaitement calmes	8	9	14	31
Perturbations de 1′ à 3′	15	16	12	43
» de 3′ à 7′	16	4	4	14
» > 7′	2	1	1	4

Par comparaison avec les résultats du trimestre précédent [1], on remarque que le nombre de jours cotés 0 continue à augmenter, et cette augmentation est de $\frac{1}{5}$ (de 26 à 31); dans la série cotée 1, les variations continuent à être presque nulles : 1 en plus (de 42 à 43); dans la série cotée 2, il y a diminution d'un quart (de 19 à 14), et dans la dernière série le changement n'est que de 1 en moins (de 5 à 4).

BOTANIQUE. — *Sur une nouvelle espèce de* Fucus, F. dichotomus *Sauv.* Note de M. C. SAUVAGEAU, présentée par le Prince Bonaparte.

En 1851, Thuret a décrit le *F. platycarpus* confondu jusqu'alors avec le *F. vesiculosus;* depuis, aucun *Fucus* nouveau n'a été découvert sur les côtes de l'Europe tempérée, car l'indépendance du *F. axillaris* de J. Agardh est restée douteuse. Or j'ai rencontré sur les brandes qui limitaient certains parcs huîtriers, actuellement ensablés, et abandonnés du bassin d'Arcachon, une espèce nouvelle, hermaphrodite comme le *F. platycarpus*, que je nomme *F. dichotomus*. Elle n'y est pas accidentelle; après l'avoir observée pour la première fois en septembre 1908, je l'ai récoltée aux diverses saisons.

Les brandes dépassant le sable seulement de quelques centimètres, les *Fucus* luttent entre eux pour occuper la place disponible et souvent leurs disques d'insertion se confondent; on y trouve pêle-mêle le *F. platycarpus* sous sa forme la mieux caractérisée et décrite par Thuret, le *F. vesiculosus* et le *F. dichotomus*. Celui-ci vit vraisemblablement en d'autres localités; toutefois, étant facile à distinguer surtout à l'époque de la fructification estivale, alors que ses touffes volumineuses atteignent 30^{cm} de longueur, s'il n'a pas été reconnu jusqu'à maintenant, c'est sans doute qu'il appartient à la catégorie des plantes rares qui exigent un ensemble de conditions d'existence peu fréquemment réalisées. Son état d'arrière-saison ressemble à certaines formes du *F. platycarpus* var. *spiralis* qui vit à un niveau plus élevé.

Sa période de fructification est plus courte et mieux limitée que celle des trois espèces fréquentes sur nos côtes de l'Océan, *F. platycarpus*, *F. vesiculosus* et *F. serratus*. Ses abondantes repousses basilaires, comparables à celles du *F. lutarius*, jouent un rôle important dans la conservation de l'espèce. Sa ramification flabelliforme dichotome rappelle les espèces septentrionales.

Aucun individu de *F. dichotomus* récolté durant le printemps ne présente le

[1] *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 478.

moindre indice de fructification; les frondes sont larges de 5^{mm}-7^{mm}, planes ou tordues, souvent longues déjà de 20^{cm}-25^{cm}; de longs poils sortent des cryptes, comme chez les *F. platycarpus* et *F. lutarius*, et les cryptes marginales dominent dans les parties jeunes.

En juillet, les sommités se transforment simultanément en réceptacles et chaque individu en possède souvent quelques centaines, mais aucun réceptacle n'atteint encore sa maturité; les anthéridies sont indistinctes alors que les oogones sont déjà volumineux. Les organes reproducteurs restent incapables de fécondation avant les premiers jours d'août. Les réceptacles mûrs sont cylindriques, à sommet arrondi, bien turgescents, de 12^{mm}-15^{mm} de hauteur sur 5^{mm}-7^{mm}; à base amincie dans le plan de la fronde; de longs poils sortent des conceptacles. Ils restent fertiles jusqu'à la fin de septembre ou au début d'octobre; le nombre relatif des anthéridies diminue alors sur les vieux réceptacles: puis ceux-ci pourrissent et enfin la fronde se détruit. Si la disparition incomplète de la fronde épargne des pousses adventives basilaires, celles-ci remplacent la plante mère sans atteindre une aussi grande taille et fournissent une seconde génération fructifère dès octobre.

On trouve en septembre de nombreuses plantules provenant de la germination des œufs fécondés en août; elles fructifient en octobre. Cette génération automnale acquiert son complet développement en 8-10 semaines; elle atteint environ le tiers de la hauteur de celle qui lui a donné naissance; ses frondes, plus étroites, ne fournissent guère qu'une trentaine de sommets, tous transformés en réceptacles plus courts et plus étroits que ceux de l'été.

Dans les derniers jours de novembre, tandis que le *F. platycarpus* recommence à envahir les brandes et que ses premiers réceptacles arrivent à maturité, le *F. dichotomus* est sur son déclin. Les frondes dont il a été question précédemment ont en partie disparu. Des pousses adventives de troisième génération, fournies par celles que portaient les grands individus fructifères en été, d'une part; des pousses adventives fournies par certains individus nés de germination estivale, d'autre part, toutes plus grêles et plus courtes, terminent certains de leurs sommets, et non tous, en minuscules réceptacles cylindriques hauts de 3^{mm}-4^{mm}. Ceux-ci produisent des oogones aussi nombreux que leur taille le comporte, mais les anthéridies deviennent très rares; leurs anthérozoïdes sont d'ailleurs normalement constitués et la fécondation est assurée.

En décembre et janvier, les individus qui ont persisté sont chétifs et cachés par les *F. platycarpus* et *vesiculosus;* les réceptacles y sont en nombre insignifiant par rapport à celui des sommets stériles; leur présence explique néanmoins l'existence, à la fin de l'hiver, de plantules de germination de tout âge.

Étant à découvert chaque jour par l'action de la marée, le *F. dichotomus* supporte facilement la dessiccation; les frondes se tordent en hélice régulière; par des journées très ensoleillées, elles deviennent raides et cassantes. Néanmoins, il continue à vivre quand on le maintient submergé; j'ai même conservé des frondes réceptaculifères dans des vases dont l'eau en partie évaporée déposait des cristaux, et cependant les oogones continuaient à produire des oosphères en bon état; par contre, les anthéridies paraissaient mortes.

Le *F. dichotomus* vit donc pendant quelques mois seulement. Certains individus disparaissent après la fructification estivale; d'autres fructifient de nouveau grâce à leurs pousses adventives. Les individus de taille réduite, qui proviennent de la germination estivale, fructifient en automne, puis disparaissent ou se maintiennent par leurs pousses adventives. Les individus qui naissent en hiver, ou tardivement en automne, croissent d'abord lentement; ils fructifieront en été, soit directement, soit sur leurs pousses adventives. Les réceptacles diminuent de taille et de nombre pendant l'automne et l'hiver; en même temps, le nombre relatif des anthéridies s'amoindrit. Le *F. dichotomus* se distingue du *F. platycarpus* par sa ramification flabellée entraînant la simultanéité et l'abondance des réceptacles, et par la forme cylindrique des réceptacles; étant fixé, ses pousses adventives ne propagent pas l'espèce, mais la conservent; grâce à elles, certains individus vivent une année entière, peut-être même deux ans.

Le curieux *F. lutarius* limicole paraissant avoir plus d'affinités avec le *F. dichotomus* qu'avec le *F. platycarpus*, je suis allé l'étudier en août 1913 aux îles Chaussey, où fut découvert le type de l'espèce, pour chercher à déterminer ses rapports spécifiques. Je n'y ai remarqué aucune trace du *F. dichotomus*. Le *F. lutarius* y vit en gazons sur la vase, non fixé, au niveau de l'*Ascophyllum nodosum;* il était stérile; j'en ai reçu huit copieux envois récoltés de novembre 1913 à juillet 1914, tous pareillement stériles. J'ai dit naguère que le *F. lutarius* produit au printemps des réceptacles femelles dans le bassin d'Arcachon et que les anthéridies manquent. Si le *F. lutarius* dérive du *F. dichotomus*, son origine est ancienne et les deux espèces semblent actuellement indépendantes l'une de l'autre.

ÉNERGÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Principes de rééducation professionnelle.* Note (¹) de M. **Jules Amar**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'éducation des mouvements professionnels doit être entreprise au double point de vue de la Physiologie et de la Mécanique (²).

1. *Physiologiquement*, en effet, la contraction des muscles dépense le

(¹) Séance du 19 avril 1915.

(²) Jules Amar, *Le moteur humain et les bases scientifiques du travail professionnel*, Paris, 1914.

minimum d'énergie quand on règle la fréquence et l'intensité, ce qui met en harmonie les agents de réparation de l'organisme, dont le principal est l'oxygène du sang, avec les agents de destruction qui naissent de la fatigue. Or, chez l'homme normal, les ressources de la vie ont une valeur *individuelle* déterminée. Le physiologiste est donc obligé de se donner cet *état initial* avant de chercher à améliorer le rendement d'une personne au travail.

La connaissance de cet état initial est plus nécessaire dans les cas si nombreux, hélas ! et si variés d'aptitudes fonctionnelles des *blessés et mutilés* de la guerre. Les articulations n'ont plus le même degré de mobilité, les muscles sont plus ou moins atrophiés, la résistance des tissus a diminué, et généralement le blessé, déclaré guéri, a subi une dépréciation de sa capacité de travail. Le mutilé, alors même qu'il n'éprouverait aucune souffrance, aucun désordre physiologique, est évidemment dans un *état contraint;* lésions et troubles organiques ont créé l'impotence ou l'incapacité fonctionnelles.

Sous réserve des degrés de la mutilation ou de la blessure, il est clair que les conditions anatomiques et physiologiques sont ici bien différentes des conditions normales, et qu'il est essentiel de les connaître pour pouvoir établir des principes scientifiques de *rééducation.* Car celle-ci n'est pas autre chose qu'une mécanique de mouvements assujettis à des *liaisons spéciales* nées du fait des blessures, traumatismes et mutilations auxquelles il aura été remédié par les appareils de prothèse. La nature et la valeur de ces liaisons apparaîtront à l'examen méthodique du jeu des articulations et des muscles qui les commandent. L'effort dont ces derniers sont capables, l'amplitude et l'orientation des mouvements, leur éducation professionnelle, sont donc du domaine de la recherche expérimentale. Et l'on aura soin de solliciter toujours l'intervention du *facteur moral* ou psychique, j'entends la confiance et la bonne volonté : ce sont des maîtresses de succès.

2. *Le point de vue mécanique* embrasse la question de *l'outillage*, c'est-à-dire les métiers qui conviennent aux blessés et mutilés classés d'après l'importance de leur infirmité et ensuite d'après leur profession. Il est tout une catégorie d'infirmes qui sont susceptibles, après un entraînement de *courte durée*, de reprendre l'exercice de leurs métiers. Sauf de rares opérations difficiles à exécuter, toutes celles qui nécessitent l'usage coordonné des deux mains demeurent possibles, qu'il y ait eu fracture dans le membre

supérieur avec atrophie des muscles, ou mutilation de deux doigts au plus, à l'exception du pouce. Seulement, pour effectuer le même travail, la fatigue est plus grande qu'à l'état normal; elle peut se chiffrer exactement en évaluant l'énergie dépensée, et se reconnaître dans les troubles de la circulation et de la respiration. Les fractures et traumatismes produisent des atrophies musculaires, des raideurs articulaires et différentes formes d'ankyloses qui n'empêchent pas l'adaptation à des exercices professionnels *convenablement choisis*. La mutilation d'un doigt, d'une jambe, parfois d'une main, conduit à une réadaptation encore plus facile.

Mais il existe une catégorie de mutilés de rééducation *plus laborieuse*, à qui d'excellents appareils de prothèse sont indispensables pour un entraînement méthodique qui leur fasse récupérer le maximum de la capacité professionnelle perdue. C'est là aussi une question d'outillage et d'habileté technique.

La rééducation doit donc poursuivre *l'apprentissage des infirmes* après avoir déterminé les éléments de leur puissance productive; elle emploiera cette puissance à des besognes convenant au genre d'infirmité, en utilisant des outils appropriés, c'est-à-dire qui n'imposent aucune contrainte, et en éduquant les mouvements. Une pareille discipline, à base physiologique, exclut les tâtonnements et le surmenage, et possède une vertu sociale incomparable. Ses avantages tiennent à ce qu'elle procède par enseignements objectifs, par science et non par routine. Si les principes du travail sont universels, les organes actifs présentent des dispositions variées, naturelles ou accidentelles, qu'il faut savoir analyser.

3. Ce sont les *procédés graphiques* qui révèlent toutes ces dispositions fonctionnelles, et la répercussion qu'elles ont certainement sur l'activité musculaire. L'enregistrement des efforts exercés sur un outil donne la loi de leur répartition, en montre l'insuffisance et l'irrégularité, révèle les parties faibles de la machine vivante. Ainsi, la *réadaptation* et le *réapprentissage* se feront en pleine clarté.

De même, la vitesse de travail et l'observation de la fatigue guideront le choix de l'outillage, l'attitude du corps, l'installation générale de l'atelier.

Et enfin, l'âge, mais surtout les conditions morphologiques et énergétiques de l'individu permettront de l'employer à la besogne qui favorisera le mieux ses aptitudes.

Sur les bases précédentes, j'ai donné, par exemple, la technique de *la*

manœuvre de la lime, et défini les modalités relatives à l'apprentissage (cas des débutants) et à la rééducation professionnelle (cas des blessés et mutilés). J'y reviendrai dans un Mémoire spécial. Mais toutes les opérations industrielles, agricoles ou autres obéissent à ces lois souveraines. Il convient, toutefois, de se borner aux professions suivantes :

Mécanique de précision et grosse mécanique, tournage, horlogerie, menuiserie, dactylographie, écriture (comptables, secrétaires), dessin, reliure, cordonnerie, etc. Les facteurs de la rééducation en sont, je crois, parmi les plus maniables.

Les instructeurs se feront vite à cette méthode et en assureront utilement la diffusion; on leur adjoindra quelques anciens mutilés à titre de démonstrateurs, après les avoir eux-mêmes instruits. Les principes une fois compris, il sera possible de les appliquer partout et de hâter le retour à la vie professionnelle de ces milliers d'impotents dont il faut, dès aujourd'hui, redouter l'inaction.

Conclusions. — Déterminer l'état général de l'organisme (cœur, poumons, sens), celui des articulations et des muscles et la liberté des mouvements, apprécier les forces physiques disponibles et avoir égard aux forces morales, conditionner le travail d'après ces données fondamentales et *indispensables* tout en tirant le meilleur parti de l'instrumentation prothétique, c'est ce que réalise la nouvelle méthode. La rééducation est fonctionnelle et professionnelle, c'est-à-dire que la seconde de ces deux périodes prolonge et achève l'autre. Le maniement des outils, le travail des muscles, dirigés convenablement, ont une influence considérable sur la santé.

RADIOGRAPHIE. — *Nouvelle méthode radioscopique pour localiser les projectiles.* Note [1] de MM. **Viallet** et **Dauvillier**, présentée par M. d'Arsonval.

On emploie à l'heure actuelle un grand nombre de procédés radiographiques et radioscopiques. Les premiers ont l'inconvénient d'être lents : or, dans le voisinage d'un champ de bataille, ou dans les formations de l'arrière recevant à la fois un grand nombre de blessés, il faut aller vite tout en restant précis.

---

[1] Séance du 19 avril 1915.

Les seconds sont beaucoup plus rapides mais manquent jusqu'à ce jour d'une exactitude suffisante.

La méthode radioscopique que nous allons décrire remédie à ces défauts; elle est très rapide, sans danger pour le radiologue et permet de localiser le projectile à 1^{mm} près.

L'appareil employé repose sur le principe connu de la triangulation, employé dans la plupart des méthodes décrites jusqu'à ce jour.

Ce principe consiste, étant donnés un écran et un tube radiogène (*fig.* 1),

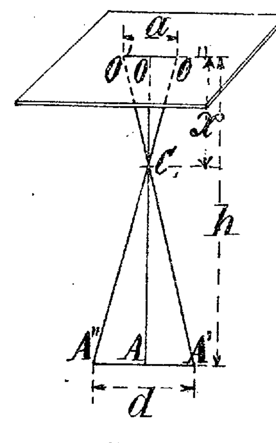


Fig. 1.

à évaluer le déplacement a de l'ombre porté sur l'écran par le corps étranger, pour deux positions successives de l'ampoule distantes d'une quantité d.

Dans ces conditions, la distance x, du corps étranger à l'écran, est donnée par la relation

$$x = \frac{a}{a+d} \times h \qquad \text{ou} \qquad x = kh$$

si d est une constante, h étant la distance de l'anticathode à l'écran.

Jusqu'ici, les méthodes qui reposent sur ce principe sont compliquées par la résolution algébrique ou géométrique de l'équation, voire même par la matérialisation du problème.

Le nouvel appareil que nous employons augmente d'abord la netteté des ombres, permettant ainsi d'obtenir une précision suffisante; il résout mécaniquement la majeure partie de l'équation, il réduit les erreurs personnelles

et n'exige, pour l'obtention du résultat cherché, que deux lectures suivies d'une multiplication, évitable même par l'emploi d'un barème.

Il comprend deux parties distinctes : 1° le dispositif porte-tube radiogène; 2° le dispositif de localisation proprement dit :

1° L'ampoule étant située à une distance fixe sous la table et pouvant se déplacer dans les deux directions rectangulaires, le support d'ampoule peut, grâce à une règle à butées et en toute position du tube, être déplacé parallèlement à lui-même, dans un sens ou dans l'autre, de la quantité d ou $\frac{d}{2}$.

2° Le dispositif de localisation proprement dit comprend une véritable lunette de visée, en plomb, munie intérieurement de deux feuilles rectangulaires de même métal, se profilant sur l'écran suivant la croisée de deux droites faisant office de réticule (¹). Cette lunette, mobile autour d'un axe passant par le plan de l'écran, permet d'effectuer, sur les points remarquables des ombres, des visées précises, tout en utilisant l'effet Bucky (²).

Cette lunette est supportée, par l'intermédiaire d'un dispositif de réglage, à l'extrémité d'une barre horizontale, coulissant dans une chappe, et susceptible d'être mue grâce à un bouton moleté engrenant sur une

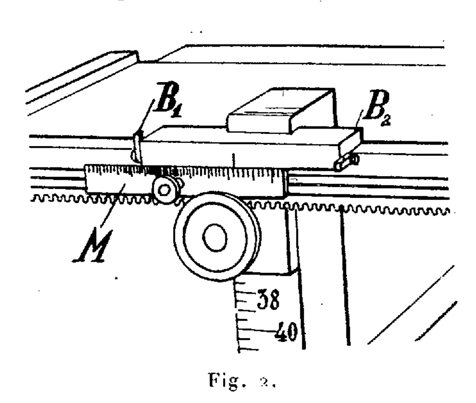


Fig. 2.

crémaillère. Une réglette M (*fig.* 2), portant deux échelles symétriques de Mazérès, peut coulisser le long de cette barre et être amenée dans une

(¹) Dimensions de la lunette : hauteur 100^{mm} ; section droite elliptique d'axes égaux à 40^{mm} et 60^{mm}.

(²) Effet Bucky : l'interposition, entre l'écran et le sujet, de réseaux cellulaires en plomb, empêche le voile de l'écran par le rayonnement secondaire.

position repérée, après une première visée, par la combinaison de butées basculantes B_1 et B_2.

De cette façon, toute translation a de la lunette est mesurée par son support en unités particulières k, telles que

$$k = \frac{a}{a + d}$$

(d étant constant et égal à 100^{mm}).

La chappe précitée étant montée sur un support, mobile dans le sens vertical et gradué en distances h, anticathode-écran, il ne reste plus, la tangence de l'extrémité inférieure de la lunette avec la peau ayant été réalisée, qu'à multiplier les nombres lus k et h pour obtenir la distance x cherchée. Enfin, la lunette ayant une hauteur de 100^{mm}, il convient, pour obtenir la profondeur exacte du projectile sous la peau, de retrancher 100 du résultat obtenu.

Ceci étant dit, la manipulation s'effectue comme il suit :

Le projectile ayant été situé approximativement par les procédés habituels et la voie d'accès chirurgicale ayant été choisie, on marque sur la peau, au moyen d'un crayon dermographique, le point sur la verticale duquel se trouve le corps étranger (localisation en surface) pour une position du sujet soigneusement repérée.

On amène ensuite la croisée des fils du réticule de l'écran en coïncidence avec un point remarquable de l'ombre, l'anticathode du tube ayant été préalablement déplacée de $\frac{d}{2}$, soit en pratique de 5^{cm}, du pied de la normale. On amène dans le même temps la réglette de Mazérès à zéro.

Toutes ces opérations ayant été effectuées dans l'obscurité, voire même pendant le fonctionnement du tube, on déplace par butée l'anticathode de 10^{cm} en sens inverse au précédent déplacement; on effectue une seconde visée, que l'on cherche à rendre identique à la première. Il ne reste plus qu'à relever les termes k et h sur les graduations respectives.

Une localisation, effectuée par ce procédé, ne demande que quelques minutes et permet ainsi de réaliser des mesures qui échappent aux procédés radiographiques. Son exactitude a été démontrée par plus de 350 localisations de projectiles de guerre.

RADIOSCOPIE. — *Détermination de la position des projectiles dans le corps humain par la radioscopie.* Note (¹) de M. **H. Morize**, présentée par M. Branly.

M. le Dr Foveau de Courmelles propose, dans sa Note des *Comptes rendus* du 18 janvier dernier, un procédé pour la détermination de la position des projectiles dans le corps humain, par la radioscopie. Le procédé décrit, qui serait une modification de celui de M. Francis Hermann Johnson, dont je n'ai eu connaissance que par la Note citée, est essentiellement le même que celui que j'ai imaginé et employé il y a plus de 17 ans, que j'ai alors présenté à l'Académie et dont la description, suffisamment complète, se trouve dans les *Comptes rendus* de la séance du 31 janvier 1898, ainsi que dans la revue *Éclairage électrique*, t. 16, p. 448, et dans Londe, *Traité pratique de Radiographie et de Radioscopie*, p. 175. Mon procédé ne diffère de celui de M. Foveau de Courmelles que par la forme des repères de plomb, qui sont simplement de petits disques enveloppés dans un tissu adhésif, et par la façon plus simple et sûre de déterminer la distance du projectile par rapport aux repères marqués sur la peau du sujet. Le procédé est très rapide, et je fais des vœux bien sincères pour qu'il rende de bons services dans les cruelles circonstances actuelles, quel que soit le nom de la personne à laquelle on doive l'attribuer.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Autotomie et régénération des viscères chez* Polycarpa tenera *Lacaze et Delage.* Note (²) de M. **Marc de Selys Longchamps**, présentée par M. Yves Delage.

Au cours d'un séjour prolongé (juillet-novembre 1914) au Laboratoire de Roscoff, j'ai observé, chez une Ascidie simple, *Polycarpa tenera*, un phénomène d'*éviscération* analogue à celui qui est bien connu chez les Holothuries.

Dès 1885, Sluiter s'est trouvé en présence d'une Styélidée dépourvue de branchie et d'intestin, d'où le nom de *Styeloides abranchiata* donné par lui à cet animal; en

(¹) Séance du 12 avril 1915.
(²) Séance du 19 avril 1915.

1895, il constatait le même état de choses chez une autre espèce, *Styela solvens*, et supposait que, chez l'une et l'autre, la branchie et l'intestin ne disparaîtraient que tardivement. En 1896, Willey, chez sa *St. eviscerans*, assiste à l'expulsion des organes internes, et observe que les animaux mutilés continuent à vivre. En 1898, enfin, Sluiter, tout en admettant que les observations de Willey expliquent comment, sinon pourquoi, les viscères sont expulsés de chez ces Ascidies, constate la vraisemblance d'une régénération ultérieure de l'endostyle.

Les nombreux exemplaires de *Polycarpa tenera* dont j'ai disposé ont très bien supporté la captivité, bien qu'il eût fallu les arracher violemment de leur lieu de fixation. Non seulement ils se sont complètement épanouis, mais ils n'ont pas tardé à se rattacher au fond des cristallisoirs les renfermant. Peut-être l'autotomie des viscères s'est-elle produite, chez quelques-uns, dès les premiers temps, et aurait-on pu invoquer, comme cause déterminante du phénomène, quelque blessure ou traumatisme; mais, pour la grande majorité des cas, l'éviscération n'est intervenue qu'après plusieurs semaines de captivité, dans le courant d'octobre.

Sans avoir assisté à l'expulsion des viscères, qui paraît s'effectuer durant la nuit, je trouvais au matin un ou plusieurs individus fortement contractés, les siphons rentrés, quoique toujours bien marqués par leur couleur rouge, ayant à côté d'eux la branchie rattachée au tube digestif et, disséminées sur eux et autour d'eux, de nombreuses glandes sexuelles (*polycarpes*), car celles-ci sont expulsées en même temps que les autres organes. L'examen de la masse rejetée montre qu'il y a déchirure de la branchie à son insertion antérieure, par rupture des trabécules interstigmatiques de la première rangée (les barres longitudinales ne commençant qu'en arrière, il y a là une zone de moindre résistance, disposition rappelant celle qui existe notamment aux appendices des Arthropodes sujets à l'autotomie). Le mésentère sous-endostylaire médio-ventral se déchire également (car l'endostyle est rejeté avec la branchie), de même qu'il y a rupture des nombreux trabécules pariéto-branchiaux et des filaments mésentériques qui maintiennent les glandes sexuelles.

La position des organes expulsés montre clairement qu'ils sortent par le siphon cloacal, ainsi que l'a d'ailleurs constaté Willey.

L'examen d'un certain nombre d'exemplaires, conservés un temps variable après leur éviscération, montre qu'il se produit une régénération complète des organes autotomisés. L'organisme étant essentiellement réduit à la paroi du corps, la reconstitution de la branchie et du tube digestif

résulte de la formation de replis de l'épithélium péribranchial, tandis que les glandes sexuelles se développent aux dépens d'ébauches embryonnaires qui préexistaient dans l'épaisseur de la paroi du corps.

La contraction de l'animal, provoquant l'éviscération, va s'accentuant après l'expulsion des organes, la tunique se ratatinant et gagnant beaucoup en épaisseur, tandis que la masse interne, ou corps proprement dit, tout en restant intimement unie à la tunique, se réduit énormément, dans des proportions que j'estime la ramener au vingtième, peut-être même au cinquantième de son *volume* primitif. Cette contraction du corps a pour effet de diminuer très notablement la dimension des organes à régénérer, non seulement d'une façon absolue, mais surtout par rapport aux parties subsistantes, qui vont fournir les matériaux de la régénération.

Dans l'épaisseur de la paroi du corps subsistent le cœur et un certain nombre de canaux de la glande pylorique, cette glande n'étant pas, chez l'espèce qui nous occupe, confinée dans la paroi de l'intestin, mais poussant ses ramifications dans la majeure partie de l'étendue de la paroi du corps.

La régénération débute par la cicatrisation du mésentère sous-endostylaire, qui vient bientôt faire saillie dans la cavité centrale. Le bord libre de ce bourrelet ne tarde pas à se creuser d'une gouttière, dont l'épithélium, s'épaississant, prend bientôt la disposition caractéristique de l'endostyle, en même temps que, de part et d'autre de cette ébauche médiane, mais également aux dépens du bourrelet primitif, se soulèvent des replis qui représentent le début de la nouvelle branchie. Alors que celle-ci se présente encore comme une gouttière largement ouverte dorsalement, des perforations stigmatiques se produisent, tandis que les barres longitudinales s'ébauchent. Les deux replis branchiaux, s'étendant de plus en plus, en arrivent à se rejoindre dorsalement et à se souder, ce qui transforme la gouttière en un sac clos.

La régénération de l'anse digestive précède de beaucoup l'achèvement de la branchie et résulte de la formation d'un repli de l'épithélium péribranchial, dans la région faisant suite à l'extrémité postérieure de l'ébauche endostylaire, le tube qui résulte de ce plissement étant tout d'abord logé dans l'épaisseur de la paroi du corps, et n'arrivant à faire de plus en plus saillie, dans la cavité centrale, qu'au fur et à mesure qu'il gagne en volume. L'orifice branchio-œsophagien et l'anus résultent simplement de la persistance de continuité entre l'ébauche digestive et l'épithélium dont elle dérive.

La portion moyenne de l'ébauche digestive se renfle en estomac, dans lequel viennent très tôt s'ouvrir, par plusieurs orifices, les tubes de la glande pylorique qui ont subsisté dans la paroi du corps. On constate que ces tubes renferment un produit de sécrétion qui se déverse dans l'estomac, et ce fait, en présence de la régénération hâtive du tube digestif, me paraît indiquer que c'est par l'intermédiaire de ces tubes glandulaires que se fait le transport des substances de la paroi du corps destinées à faire les frais de la reconstitution des autres organes. La branchie, qui n'est rattachée au corps que par son mésentère, ne peut en effet trouver les éléments de sa formation que dans le sang que lui envoie le cœur subsistant.

J'ai dit plus haut que l'expulsion des viscères ne me paraissait pas avoir une cause traumatique. Si l'on veut invoquer l'intervention de conditions défavorables, résultant de la captivité, il est au moins surprenant que la régénération se produise alors que ces conditions persistent, ou sont même pires en raison de leur persistance même! On pourrait songer aussi qu'il s'agit d'un moyen de défense contre un parasite, l'animal logeant parfois un Copépode dans l'estomac; mais je n'ai pas trouvé le parasite dans des estomacs expulsés. Peut-être enfin la raison du processus est-elle dans le renouvellement des glandes sexuelles, épuisées par une première période de reproduction? Quoi qu'il en soit, le phénomène est comparable à la perte fréquente de la région thoracique, au cours de l'hibernation, chez les Ascidies composées et sociales.

PARASITOLOGIE. — *Sur l'emploi de la chaleur pour combattre les Insectes et les Cryptogames parasites des plantes cultivées.* Note (¹) de M. **Lucien Semichon**, présentée par M. Guignard.

L'eau bouillante est employée déjà en période hivernale pour détruire les larves et les chrysalides des insectes abrités sous les écorces des plantes. Notamment l'échaudage hivernal de la vigne est pratiqué depuis longtemps pour combattre la Pyrale. L'eau chaude est aussi en usage dans les forceries des horticulteurs pour détruire la grise.

J'ai cherché dans quelle mesure on pourrait employer l'eau chaude en

(¹) Séance du 19 avril 1915.

pleine végétation pour exterminer les ennemis des plantes : la température à laquelle il faut agir pour que les tissus végétaux n'en souffrent pas ne devant pas dépasser 70° à 75°, j'ai fixé un mode opératoire par mélange d'eau bouillante et d'eau froide qui permet, dans la pratique agricole, de se passer de thermomètre et j'ai déterminé les déperditions de calorique par conduction, rayonnement et évaporation dans les conditions où j'ai opéré.

Les résultats de mes expériences sont les suivants :

1° L'eau chaude, entre 55° et 65°, versée copieusement avec un pulvérisateur, amène la mort des chenilles de la Pyrale de la vigne (*Tortrix Pilleriana*), sans que la plante en souffre. Il faut agir en avril et mai, au moment où l'insecte monte à l'extrémité des bourgeons, avant qu'il s'enferme dans sa trame en se protégeant des feuilles.

2° A la même température, elle détruit également les chenilles de la Cochylis (*Cochylis ambiguella*) et de l'Eudemis (*Eudemis botrana*), lorsqu'elles sont sorties de l'œuf et qu'elles ne sont pas encore entièrement abritées à l'intérieur des pédoncules ou des grains de raisin.

3° Dans les mêmes conditions, elle produit l'avortement des œufs de *Cochylis* et d'*Eudemis*. Il en résulte que cette méthode de traitement est plus efficace que les insecticides arsénicaux ou nicotinés. Ceux-ci n'agissent que sur la chenille jeune, et l'échelonnement des éclosions successives durant plusieurs semaines oblige à multiplier les traitements, et beaucoup d'insectes échappent. L'eau chaude, au contraire, agit à la fois sur les œufs fraîchement pondus, sur les œufs prêts à éclore et sur les chenilles. Elle peut être employée contre la deuxième et la troisième génération, alors que les insecticides deviennent dangereux, les grains étant déjà formés et développés.

4° L'eau chaude, entre 55° et 65°, détruit les Cryptogames à mycélium superficiel : oïdium de la Vigne, oïdium du Cognassier, blanc du Rosier, etc.

5° Dans les mêmes conditions, elle détruit les fructifications externes des Cryptogames, telles que les conidies du mildiou de la Vigne.

6° En agissant assez tôt au printemps, l'eau chaude détruit les pucerons qui envahissent les arbres fruitiers (Pêchers et Pruniers notamment), ainsi que les œufs qui sont pondus.

7° La chaleur (55° à 65°) donne une très grande *mouillabilité* et une grande *adhérence* aux solutions de verdet et aux bouillies cupriques

employées contre le *Peronospora* de la Vigne ou le *Phytophtora* de la Pomme de terre ou de la Tomate. Ce traitement à chaud contre le mildiou de la Vigne, notamment, en augmente l'efficacité, permet de diminuer sensiblement la dose de cuivre des bouillies et de réduire quelque peu le nombre des traitements.

8° Les traitements à chaud (55° à 65°) avec des bouillies cupriques permettent de combattre à la fois la Pyrale, l'Altise, la Cochylis, l'Eudemis, l'oïdium (action curative et non préventive), le black root et le mildiou de la Vigne, ces deux derniers dans des conditions bien meilleures que par les traitements à froid.

9° Comme outillage, on peut se servir des chaudières à Pyrale qui fournissent de 3^{hl} à 6^{hl} d'eau bouillante à l'heure. On mélange, au moment de l'emploi dans le pulvérisateur à dos d'homme, $\frac{2}{3}$ d'eau bouillante et $\frac{1}{3}$ de bouillie cuprique froide préparée à triple dose. La pulvérisation doit être copieuse. Il faut deux fois plus de liquide que dans les pulvérisations ordinaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique du mono-d-galactoside β du glycol éthylénique.* Note (¹) de MM. **Em. Bourquelot**, **M. Bridel** et **A. Aubry**, présentée par M. Jungfleisch.

Les recherches qui ont conduit à la réalisation des synthèses biochimiques des monoglucosides β et α du glycol éthylénique (²), ont permis d'aborder sans essais préalables celles des galactosides β et α de cet alcool divalent. Nous publions aujourd'hui la synthèse du monogalactoside β.

On a préparé d'abord une solution ainsi composée :

Glycol éthylénique........................	261^g
Galactose (³).............................	35^g
Eau distillée, quantité suffisante pour faire...	300^{cm^3}

Examinée au polarimètre 24 heures après sa préparation, cette solution accusait au tube de 2^{dm} une rotation de $+18°20'$. On a ajouté (1er mai 1914)

(¹) Séance du 19 avril 1915.

(²) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 405 et 1024.

(³) Ce galactose renfermait encore une petite quantité de lactose, lequel s'est séparé au cours des opérations effectuées pour isoler le glucoside.

5^g d'émulsine et l'on a mis le mélange dans une étuve réglée à $+33°$. Le 16 mai, la rotation était de $+17°30'$. Le 8 juillet, on a ajouté 3^g de nouvelle émulsine, mais on a retiré le flacon de l'étuve et on l'a abandonné à la température du laboratoire.

La rotation a continué à diminuer et, le 14 octobre, elle était tombée à $+13°32'$, valeur qui n'a pas changé ultérieurement.

Le 13 février 1915, alors que, par suite des essais répétés, le volume du mélange s'était abaissé à 240$^{cm^3}$-250$^{cm^3}$, on a procédé à l'extraction du galactoside formé. Pour cela, on a commencé par ajouter au mélange 3^{vol} d'alcool éthylique à 95^c, ce qui a déterminé la précipitation des matières dissoutes provenant de l'émulsine. On a filtré et retiré l'alcool par distillation au bain-marie; après quoi on a distillé sous pression réduite, d'abord au bain-marie à 40°-50° pour éliminer l'eau, puis au bain d'huile à $+115°$ pour retirer le glycol.

On a dissous l'extrait pâteux qui restait comme résidu dans une quantité d'eau suffisante pour faire 400$^{cm^3}$. Cette solution, qui accusait une rotation ($l=2$) un peu supérieure à 9°, a été additionnée de 4^g de levure basse, fraîche et de 5^g de glucose, ce dernier sucre étant ajouté dans le but de favoriser la fermentation du galactose.

La fermentation terminée (après 10 jours), on a concentré le liquide à 100$^{cm^3}$ et l'on a ajouté 300$^{cm^3}$ d'alcool à 95^c. Le lendemain on a filtré et distillé à nouveau, puis concentré sous pression réduite jusqu'à l'obtention d'un extrait sirupeux.

Cet extrait renfermant encore du glycol, on l'a épuisé à sept reprises par de l'éther acétique anhydre, de façon à en enlever les dernières traces, ce qui a permis d'obtenir en dernier lieu un résidu presque sec.

On a traité celui-ci, à plusieurs reprises, par 100$^{cm^3}$ d'alcool absolu bouillant. On a concentré à sec les liquides alcooliques réunis, ce qui a donné un extrait qu'on a pu facilement ensuite dissoudre dans 100$^{cm^3}$ d'alcool absolu.

Après 24 heures de repos, on a ajouté à la nouvelle solution alcoolique 5$^{cm^3}$ d'éther, ce qui a provoqué la formation d'un dépôt assez abondant. On a décanté le liquide éclairci et ajouté à celui-ci 100$^{cm^3}$ d'éther.

Le mélange étant abandonné à la température du laboratoire, on n'a pas tardé à voir paraître de petits amas de cristaux en aiguilles, les uns dans l'extrait qui formait le dépôt, les autres sur les parois du flacon. L'un de ces derniers s'est développé plus que les autres; au bout de quelques semaines, on l'a séparé, lavé à l'alcool éthéré et fait sécher dans le vide

sulfurique. Il pesait environ $0^g,45$. C'est sur cet échantillon qu'on a fait l'étude du galactoside.

Propriétés du mono-d-galactoside β. — Le composé obtenu possède une saveur légèrement sucrée; il fond au bloc Maquenne entre $+133°$ et $+134°$; il est optiquement inactif ($p = 0^g,3940$; $v = 15$; $l = 2$; $\alpha = \pm 0$; $t = +17°,5$); il ne réduit pas la liqueur cupro-potassique.

Hydrolyse par l'acide sulfurique dilué. — 5^{cm^3} de la solution qui avait servi à l'examen polarimétrique, et qui renfermait $2^g,6266$ de glucoside pour 100^{cm^3}, ont été additionnés de 5^{cm^3} d'acide sulfurique dilué à 6^g de SO^4H^2 pour 100^{cm^3}. Le mélange a été chauffé en tube scellé, au bain-marie bouillant, une première fois pendant 6 heures; il accusait alors, après refroidissement, une rotation de $+1°40'$ ($l = 2$). On l'a chauffé une seconde fois, dans les mêmes conditions pendant 2 heures et l'on a trouvé comme rotation $+1°38'$. L'hydrolyse était donc terminée.

Le sucre réducteur formé a été dosé à la liqueur cupro-potassique comme galactose : on a trouvé $1^g,03288$ pour 100^{cm^3}, ce qui, en prenant comme rotation $+1°40'$, correspond à un pouvoir rotatoire de $+80°,6$ qui est bien celui du galactose. Cette quantité correspondait d'autre part à un monogalactoside $C^6H^{11}O^5, O.CH^2.CH^2.OH$ (théorie : 1,0553) et non à un diglucoside.

Hydrolyse par l'émulsine (galactosidase β). — A 5^{cm^3} de la même solution on a ajouté 5^{cm^3} d'une macération d'émulsine à 3 pour 100, et l'on a abandonné le mélange à la température du laboratoire. A la fin du quatrième jour, la rotation était de $+1°18'$. Pour accélérer l'hydrolyse, on a porté le flacon à l'étuve à $+33°$: 3 jours plus tard la rotation avait atteint $+1°36'$, ce qui correspond sensiblement à une hydrolyse complète; la quantité de sucre réducteur formé, dosé comme précédemment, s'élevait d'ailleurs à $1^g,0500$ pour 100^{cm^3}.

Les résultats des deux hydrolyses sont donc concordants.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures et quart.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 15 mars 1915.)

Note de M. *A. Leduc*, Rapport γ des deux chaleurs spécifiques principales des mélanges de gaz. Applications :

Page 339, formule (4), *diviser* le deuxième membre par $1 - \frac{p}{\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial p}$.

Page 340, formule (7 *bis*), *diviser* la dernière expression par J.

(Séance du 12 avril 1915.)

Note de MM. *A. Müntz* et *E. Lainé*, Étude sur la formation des limons et leur charriage par les cours d'eau dans les Alpes et les Pyrénées :

Page 463, en tête du Tableau, *au lieu de* Matières en suspension et en solution charriées annuellement en tonnes, *lire* Matières en suspension et en solution charriées annuellement en milliers de tonnes.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MAI 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Représentation sur un plan de la surface du quatrième ordre à conique double.* Note [1] de M. **Gaston Darboux.**

Dans une Note précédente (p. 531), nous avons obtenu d'une manière directe la représentation sur un plan simple de la surface générale du quatrième ordre à conique double. Nous allons confirmer et retrouver les résultats obtenus en suivant une méthode qu'on peut considérer comme l'inverse de la première.

Pour cela, nous allons considérer directement les cubiques planes passant par cinq points, que nous supposerons distincts. Nous supposerons qu'on ait choisi les axes de telle manière que la conique déterminée par ces cinq points ait pour équation, en coordonnées homogènes,

(1) $$y^2 - xz = 0.$$

On sait qu'alors un point quelconque de la conique peut être défini par les équations

(2) $$x = \lambda^2 z, \qquad y = \lambda z;$$

soit

(3) $$f(\lambda) = a\lambda^5 + b\lambda^4 + c\lambda^3 + c'\lambda^2 + b'\lambda + a'$$

l'équation qui fait connaître les valeurs de λ relatives aux cinq points qui doivent être communs à toutes nos cubiques. Un calcul facile montre alors

(1) Séance du 26 avril 1915.

qu'on obtient *toutes* ces cubiques en égalant à zéro une combinaison linéaire quelconque des cinq quantités u_i définies par les formules suivantes

$$(4)\qquad \begin{cases} u_1 = x(y^2 - xz), \quad u_2 = y(y^2 - xz), \quad u_3 = z(y^2 - xz), \\ u_4 = ax^2y + bx^2z + cxyz + c'xz^2 + b'yz^2 + a'z^3, \\ u_5 = ax^3 + bx^2y + cx^2z + c'xyz + b'xz^2 + a'yz^2, \end{cases}$$

en sorte que l'équation générale de toutes ces cubiques sera

$$(5)\qquad \sum_1^5 A_i u_i = 0,$$

les A_i désignant cinq constantes arbitraires.

Il est facile de voir qu'il y a deux relations quadratiques entre les u_i. On a, en effet,

$$xu_4 - yu_5 = (bx^2 + c'xz + a'z^2)(xz - y^2),$$
$$yu_4 - zu_5 = (ax^2 + c\,xz + b'z^2)(y^2 - xz),$$

d'où, en multipliant par $y^2 - xz$,

$$u_1u_4 - u_2u_5 = -bu_1^2 - c'u_1u_3 - a'u_3^2,$$
$$u_2u_4 - u_3u_5 = au_1^2 + c\,u_1u_3 + b'u_3^2.$$

Cela donne les deux relations quadratiques

$$(6)\qquad \begin{cases} bu_1^2 + c'u_1u_3 + a'u_3^2 + u_1u_4 - u_2u_5 = 0, \\ au_1^2 + c\,u_1u_3 + b'u_3^2 - u_2u_4 + u_3u_5 = 0. \end{cases}$$

Si l'on veut réduire les premiers membres, qui sont des formes quadratiques homogènes, à des sommes composées des mêmes carrés, il faudra, comme on sait, annuler le discriminant de la forme

$$(a\lambda + b)u_1^2 + (c\lambda + c')u_1u_3 + (b'\lambda + a')u_3^2 + u_1u_4 - \lambda u_2u_4 + \lambda u_3u_5 - u_2u_5.$$

En égalant à zéro les dérivées, il viendra

$$(7)\qquad \begin{cases} 2(a\lambda + b)u_1 + (c\lambda + c')u_3 + u_4 = 0, \\ -\lambda u_4 - u_5 = 0, \\ (c\lambda + c')u_1 + 2(b'\lambda + a')u_3 + \lambda u_5 = 0, \\ u_1 - \lambda u_2 = 0, \\ \lambda u_3 - u_2 = 0, \end{cases}$$

et l'élimination des u_i nous conduira précisément à l'équation (3)

$$f(\lambda) = 0$$

dont dépend la détermination des cinq points. Comme cette équation a ses racines distinctes, on sait qu'on pourra toujours choisir des fonctions linéaires

$$x_i = \sum_k a_{ik} u_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, 5)$$

de telle manière que les deux relations (6) prennent les formes

$$(8) \qquad \begin{cases} x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 = 0, \\ a_1 x_1^2 + a_2 x_2^2 + a_3 x_3^2 + a_4 x_4^2 + a_5 x_5^2 = 0, \end{cases}$$

qui ne contiennent plus que les carrés. Remarquons même que toutes ces opérations pourront se faire rationnellement si l'on connaît les racines de l'équation du cinquième degré (3).

Il faut encore signaler que la réduction à la forme (8) des deux relations quadratiques homogènes entre les u_i *n'est pas unique*. Elle subsisterait évidemment si l'on substituait aux x les quantités $\frac{x_i}{\sqrt{a_i - \lambda}}$, où λ est une arbitraire quelconque. Nous aurons à faire usage de cette seconde remarque.

Supposons donc obtenues les fonctions x_i et construisons la surface lieu du point dont les coordonnées homogènes X, Y, Z, T s'expriment par les formules

$$(9) \qquad \begin{cases} X = \sum_i a_{1i} x_i, \\ Y = \sum_i a_{2i} x_i, \\ Z = \sum_i a_{3i} x_i, \\ T = \sum_i a_{4i} x_i, \end{cases}$$

les constantes a_{hi} étant assujetties à l'unique condition que les fonctions X, Y, Z, T soient linéairement indépendantes.

Si nous introduisons, pour la symétrie, une auxiliaire Ω définie par la relation

$$(10) \qquad \Omega = \Sigma \alpha_i x_i,$$

où les nouvelles constantes α_i sont choisies de telle manière que X, Y, Z, T, Ω forment un ensemble de cinq fonctions linéairement indépendantes,

on pourra résoudre les équations (9) et (10) par rapport aux x_i, ce qui donnera des expressions de la forme

$$x_i = X_i + h_i \Omega, \tag{11}$$

où les X_i sont des fonctions homogènes de X, Y, Z, T et les h_i des constantes. La substitution de ces expressions dans l'équation (10) donne les deux relations

$$\Sigma \alpha_i X_i = 0, \tag{12}$$

$$\Sigma \alpha_i h_i = 1, \tag{13}$$

auxquelles doivent satisfaire respectivement les fonctions X_i et les constantes h_i. Mais, de plus, si l'on use de la faculté sur laquelle nous avons appelé plus haut l'attention et si l'on remplace les x_i par $\frac{x_i}{\sqrt{a_i - \lambda}}$, on verra qu'on peut toujours disposer de l'arbitraire λ de manière à imposer aux h_i la relation

$$\sum_i h_i^2 = 0, \tag{14}$$

que nous supposerons vérifiée dans la suite.

Si maintenant nous portons les valeurs (11) des x_i dans les deux relations (8) et si nous posons

$$\Sigma X_i^2 = \Phi, \quad \Sigma h_i X_i = P, \quad \Sigma a_i X_i^2 = \Phi_1, \quad \Sigma a_i h_i X_i = P_1, \quad \Sigma a_i h_i^2 = 4k, \tag{15}$$

Φ, Φ_1 seront du second degré, P et P_1 seront du premier et k sera une constante. Les deux équations (8) deviendront

$$\begin{cases} \Phi + 2P\,\Omega = 0, \\ \Phi_1 + 2P_1\Omega + 4k\Omega^2 = 0. \end{cases} \tag{16}$$

L'élimination de Ω entre ces deux relations conduit à l'équation de la surface

$$\Phi_1 P^2 - \Phi P P_1 + k\Phi^2 = 0. \tag{17}$$

On voit qu'on obtient une surface du quatrième degré admettant pour courbe double la conique représentée par les deux équations

$$\Phi = \Sigma X_i^2 = 0, \qquad P = \Sigma h_i X_i = 0. \tag{18}$$

Il est très aisé d'obtenir la représentation plane de cette courbe double.

Car si, dans les équations précédentes, on remplace les X_i par leurs valeurs tirées des formules (11) en tenant compte de la condition (14), les deux équations (18) se réduisent à l'unique relation suivante :

$$\Sigma h_i x_i = 0. \tag{19}$$

C'est *l'équation de la courbe du troisième degré qui sert de représentation plane à la conique double de la surface.*

En terminant, nous pouvons remarquer que, dans le plan, la courbe la plus générale passant par les cinq points est représentée par l'équation

$$\Sigma \beta_i x_i = 0 \tag{20}$$

et sert de représentation à la courbe de la surface représentée par l'équation

$$\Sigma \beta_i X_i + \Omega \Sigma \beta_i h_i = 0$$

ou

$$\Sigma \beta_i X_i - \frac{\Phi}{2P} \Sigma \beta_i h_i = 0. \tag{21}$$

L'équation générale (20) donne donc la représentation sur le plan de l'intersection de la surface du quatrième ordre par la quadrique la plus générale qui contient la conique double de la surface.

Tous ces résultats ne sont, pour ainsi dire, que la traduction par l'homographie de ceux que nous avait fournis notre première solution. Les cinq quadriques définies par les équations

$$x_i = X_i - \frac{h_i \Phi}{2P} = 0 \tag{22}$$

remplaçant les cinq sphères orthogonales qui jouent un rôle si essentiel dans la théorie des cyclides.

ASTRONOMIE. — *Comparaison de la* scintillation *et des* ondulations *instrumentales des images célestes sous diverses influences* (¹). Note de M. G. **Bigourdan**.

Aurores boréales; perturbations magnétiques. — Montigny, confirmant les observations d'Ussher, de Forbes, ..., a trouvé que la scintillation des

(¹) Voir page 536 de ce volume.

étoiles est bien plus grande quand une aurore boréale est visible (1) ou quand il se produit une perturbation magnétique (2).

Pour juger s'il en est de même des ondulations instrumentales, je ne connais que les observations d'Ussher qui, à Dublin, avait « toujours remarqué que les aurores boréales rendent les étoiles singulièrement ondulantes dans le télescope ».

Dépressions barométriques. — Le passage de ces dépressions, à une distance plus ou moins grande, se répercute sur beaucoup de phénomènes météorologiques : pression, température, pluie, vent, ...

Dufour (3) et surtout Montigny (4), qui se plaçaient l'un et l'autre au point de vue météorologique, ont cherché comment varient la scintillation, les couleurs (5) qu'elle met en évidence, ... avec ces divers phénomènes, avec les saisons, etc.

---

(1) *Notice sur la scintillation et sur son intensité pendant l'aurore boréale...*, *le 5 avril* 1870 (*Brux. Bull.*, t. XXIX_2, 1870, p. 455-469 [W]).

De l'influence des aurores boréales..., du 5 avril 1870 *et du* 1er *juin* 1878 (*Brux. Bull.*, t. XLVI_2, 1878, p. 17-42 [X]).

Note sur l'intensité de la scintillation pendant les aurores boréales (*Brux. Bull.*, t. I_3, 1881, p. 231-250 [Y]).

Notice sur une particularité de l'aurore boréale du 2 *octobre* 1882 (*Brux. Bull.*, t. IV_3, 1882, p. 303-322 [Z]).

Sur l'accroissement d'intensité de la scintillation des étoiles pendant les aurores boréales (*Comptes rendus*, t. 96, 1883, p. 572-575 [AA].

(2) *Influence des perturbations magnétiques sur la scintillation des étoiles* (*Brux. Bull.*, t. VI_3, 1883, p. 426-457 [AB]. Voir aussi [Z]).

(3) *La scintillation des étoiles et la prévision du temps* (*Bull. Soc. astr. France*, 1894, p. 162-165 [AC]).

(4) *Recherches sur les variations d'intensité de la scintillation des étoiles selon l'état de l'atmosphère, particulièrement aux approches et sous l'influence de la pluie.* Ire et IIe Parties (*Brux. Bull*, t. XLII_2, 1876, p. 255-294 [AD], et t. XLVI_2, 1878, p. 598-635 [AE]).

Influence des bourrasques sur la scintillation des étoiles (*Brux. Bull.*, t. XIV_3, 1887 [AF]).

La scintillation des étoiles dans ses rapports avec les phénomènes météorologiques (*Ciel et Terre*, t. VI [1885-1886], p. 198-208 [AG]).

(5) *Sur la prédominance de la couleur bleue dans les observations de scintillation aux approches et sous l'influence de la pluie* (*Brux. Bull.*, t. XLVII_2, 1879, p. 755-766 [AH]).

De l'influence de l'état de l'atmosphère sur l'apparition des couleurs... (*Brux. Bull.*, t. VII_3, 1884 [AJ]).

De l'accord entre les indications des couleurs... (*Brux. Bull.*, t. IX_3, 1885 [AK]).

Influence de la couleur bleue de l'eau contenue dans l'atmosphère sur la scintil-

Dufour, à Morges, trouve que les scintillations faibles ou très faibles présagent le mauvais temps. Pour Montigny, à Bruxelles, la scintillation augmente en même temps que le vent, la pression barométrique et l'humidité relative, tandis qu'elle diminue quand la température s'élève. En somme, les résultats de ces deux observateurs sont assez contradictoires. Cela tiendrait-il à des influences locales? En réalité, il semble bien que des comparaisons aussi minutieuses que celles de Montigny doivent être illusoires; car, à défaut de vues théoriques, il faudrait des observations plus nombreuses, poursuivies pendant beaucoup plus de temps, pour déterminer l'effet individuel de chacune de ces causes, enchevêtrées en quelque sorte les unes avec les autres. Mais, visiblement, les résultats de Montigny concordent avec une loi analogue à celle que nous avons énoncée pour les ondulations, savoir, leur relation avec le régime cyclonique ou anticyclonique.

Cela est particulièrement manifeste pour ce qui concerne la direction du vent; car Montigny trouve qu'en moyenne la scintillation est plus grande par les vents soufflant de la région ouest (régime cyclonique), tandis qu'elle est plus faible pour ceux qui soufflent des régions nord et est (régime anticyclonique). En outre, on s'explique pourquoi la scintillation est moindre en été qu'en hiver, cette dernière saison étant beaucoup plus sous l'influence du régime cyclonique.

Voisinage des nuages. — Quand une étoile se trouve au voisinage des nuages, la scintillation, dit Dufour, est toujours considérablement augmentée.

Dans les mêmes conditions, les ondulations sont augmentées aussi, comme l'ont remarqué divers observateurs d'étoiles doubles (1).

Influence de l'azimut. — Scheiner disait déjà que les étoiles scintillent d'autant plus qu'elles sont plus boréales; mais Arago jugeait cela impossible. Cependant les observations de Montigny (2), poursuivies pendant

---

lation aux approches de la pluie (*Brux. Bull.*, t. V_3, 1893 [AL]); — *Ibid.*, t. VII_3, 1884 [AM]; — *Ibid.*, t. IX_3, 1884 [AN].

De l'accord entre les indications des couleurs... (*Ciel et Terre*, t. VI, 1885-1886, p. 337-345 [AO]).

(1) T. J. J. SEE, *Atmospheric Conditions essential to the best telescopic Definition* (*Astr. Nachr.*, t. 144, 1897, n° 3438, col. 83 [AQ]).

(2) *De l'intensité de la scintillation des étoiles dans les différentes parties du ciel* (*Brux. Bull.*, t. XVI_3, 1888, p. 160-170 [AP]).

près de 1000 soirées, de 1880 à 1888, et résumées dans le Tableau suivant, appuient l'opinion de Scheiner. Et les observations spectrales de Respighi font comprendre comment cela est possible.

Intensité de la scintillation suivant l'orientation.

Directions :	Est.	Sud.	Ouest.	Nord.	Moy.	Nombre des jours d'obs.
Moyenne par temps sec	345	330	325	386	346	327
» générale	475	450	445	535	476	986
» sous l'influence des dépressions	745	705	680	850	745	177

On voit que la différence, faible par temps sec, est notable sous l'influence des dépressions; et toujours la scintillation est plus grande dans la direction nord.

Pour les ondulations, les observations manquent.

Influence du crépuscule. — Sans donner de détail, Dufour dit que la scintillation est en général plus forte le soir au crépuscule, ou le matin à l'aurore; et Montigny ajoute que ses observations sont d'accord avec cette remarque : la scintillation aurait donc une variation diurne avec deux maxima, l'un dans le crépuscule et l'autre dans l'aurore.

D'autre part, les ondulations instrumentales ont au contraire un minima vers le crépuscule du soir: ici il y a donc une opposition nette et complète.

Malgré cette dernière opposition, qu'il importerait de mettre hors de doute par des observations plus nombreuses, faites dans un assez grand nombre de points, on peut conclure que les deux phénomènes comparés, scintillation et ondulations, présentent un véritable parallélisme.

On voit combien de questions restent à élucider dans cette comparaison de la scintillation aux ondulations, parce que les observations manquent. Aussi croit-on pouvoir recommander aux observateurs, et plus particulièrement à ceux qui mesurent des étoiles doubles, de noter aussi la valeur de la scintillation, ne fût-ce qu'à l'œil nu : les résultats déjà obtenus ainsi montrent la valeur de telles observations.

Peut-être aussi la classification des divers points de la surface de la Terre, suivant que la scintillation est nulle, faible, ..., très forte, apporterait des renseignements utiles.

Remarques. — Dans une Note précédente (p. 416 de ce Volume), j'ai indiqué divers caractères que présentent les images agitées des étoiles.

Pour les étoiles doubles, le P. Secchi (¹), observant à Rome avec une lunette de $0^m,217$ d'ouverture, distinguait six aspects différents, suivant l'état des images.

1° *Atmosphère parfaite.* — L'image est formée de deux disques très petits, nettement circonscrits et définis, sans franges ni rayons. Cet état est très rare même à Rome.

2° *Atmosphère très bonne.* — Les disques sont encore nets et précis, mais on les voit déjà entourés de rayons très fins et déliés.

3° *Atmosphère bonne.* — Elle est assez commune lorsque le ciel est serein; les rayons très prononcés qui entourent les images ne sont pas assez longs pour amener un commencement de fusion des composantes.

4° *Atmosphère passable.* — Déjà l'image de l'étoile est entourée d'une sorte de halo ou anneau coloré, confus et irisé. Cet état précède la formation des nuages.

5° *Atmosphère mauvaise.* — L'image n'est plus unique : elle ressemble à une fleur dont les images secondaires oscillantes représentent les pétioles; elle est constamment en mouvement. Les images tremblent et sautillent continuellement.

6° *Atmosphère très mauvaise.* — Le diamètre des grandes étoiles atteint jusqu'à 8″; la lumière diffuse forme une auréole de plus de 20″. C'est dans tout le champ comme un halo mal défini....

Le P. Secchi attribue une grande influence à l'amplitude de la variation diurne de la température au point d'observation et croit, avec Piazzi (²), que les images sont moins agitées dans les pays septentrionaux, comme l'Angleterre, qu'à Palerme; et cela, dit-il (³), serait confirmé par les grandes irrégularités de la réfraction trouvées par Biot, observant en Italie.

Le P. Secchi dit aussi qu'à Rome on n'a de belles images que lorsque le temps est depuis plusieurs jours fixé au beau, tandis que lorsque souffle la *tramontana* on a toujours des images mal terminées, même quand elles sont calmes.

(¹) *Annuaire du Cosmos*, année 1859, 2e Partie.

(²) W. H. Smyth, *A Cycle of celestial Objects*, t. 2, 1844, p. 128, et *Speculum Hartwellianum*, 1860, p. 46.

(³) *Descrizione del Nuovo Osservatorio del Collegio Romano D. C. G. D. e Memorio sui lavori eseguiti dal* 1852 *a tutto Aprile* 1856, p. 30, 139.

Enfin, pour M. See, le voisinage d'un océan serait, avec les influences cycloniques, une cause de mauvaises images.

On a vu, page 417, qu'à Dorpat, Washington, Milan, Paris, etc., le moment des images calmes tombe au voisinage du coucher du Soleil et ne dure pas bien longtemps. Mais certains sites sont plus favorisés; ainsi Piazzi Smyth (¹), à Madère, a eu parfois de belles images pendant toute la nuit, à la station de Guajara (8843 pieds d'altitude). Et à la station d'Altavista (10707 pieds d'altitude), il avait de belles images particulièrement le matin. Toutefois ses observations n'ont pas été assez prolongées pour établir si ce régime est régulier.

MÉCANIQUE. — *Sur la trajectoire des projectiles lancés par les avions ou dirigeables.* Note de M. DE SPARRE.

Cette trajectoire est celle d'un projectile dont la vitesse initiale horizontale est au plus égale à 60^{m}, car 60^{m} à la seconde correspondent à 216^{km} à l'heure, et dont la vitesse finale ne saurait dépasser environ 220^{m}. En effet, dans le vide, une hauteur de chute de 2500^{m} produit une vitesse de $221^{m},5$.

Or, si l'on se rapporte aux Tables de Siacci, on reconnaît que dans ces limites on peut, avec une approximation très suffisante, supposer la résistance proportionnelle au carré de la vitesse (²).

Nous supposons donc deux axes rectangulaires : Ox horizontal et dirigé suivant la vitesse initiale, Oy vertical et dirigé vers le bas; nous désignerons de plus par θ l'inclinaison de la tangente, par v la vitesse du projectile, par v_0 la vitesse initiale et par u la composante horizontale de la vitesse. Nous supposons de plus la résistance de l'air égale à Kv^2. Si alors p est le poids du projectile, on a pour l'équation différentielle de l'hodo-

(¹) *Report on the Teneriffe Astronomical Experiment of* 1856 (*Phil. Trans.* for 1858, part II).

(²) D'après Siacci, la résistance de l'air étant représentée par

$$r = \frac{\delta i}{c} v^2 K(v),$$

où δ, i, c sont des facteurs constants pour un projectile donné, on a $K(v) = 121$ pour $v = 29^{m}$ et $K(v) = 123$ pour $v = 211^{m}$, de sorte qu'on peut, entre ces limites de 29^{m} et de 211^{m}, prendre avec une exactitude très suffisante $K(v) = 122$ et, par suite,

$$r = \frac{\delta i}{c} 122 v^2.$$

graphe

$$\frac{du}{d\theta} = -\frac{\mathrm{K}u^3}{p\cos^3\theta},$$

et en posant

$$\chi^2 = \frac{p}{\mathrm{K}}, \qquad \zeta(\theta) = \frac{1}{2}\operatorname{tang}\theta \operatorname{séc}\theta + \frac{1}{2}\mathcal{L}\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right);$$

on aura, en remarquant que $\theta_0 = 0$ et $u_0 = v_0$,

(1) $$u^2 = \frac{v_0^2}{1 + \dfrac{2v_0^2}{\chi^2}\zeta(\theta)}.$$

On a ensuite, pour déterminer x et y,

(2) $$x = \int_0^\theta \frac{u^2}{g}\frac{d\theta}{\cos^2\theta},$$

(3) $$y = \int_0^\theta \frac{u^2}{g}\frac{\operatorname{tang}\theta\, d\theta}{\cos^2\theta}.$$

Nous partagerons alors la trajectoire en deux arcs : un premier où θ varie de 0° à 45° et un second où θ varie de 45° à 90°.

Considérons d'abord le premier arc où

$$0 < \theta < 45°.$$

Entre ces limites de θ, si l'on considère l'expression

$$z = \zeta(\theta) - \operatorname{tang}\theta(1 + 0{,}134\operatorname{tang}\theta),$$

on voit qu'on a

$$|z| \leqq 0{,}014;$$

on peut donc, avec une approximation très suffisante, prendre entre ces limites, dans (1),

$$\zeta(\theta) = \operatorname{tang}\theta(1 + 0{,}134\operatorname{tang}\theta),$$

et si alors on pose

$$\alpha = \frac{2v_0^2}{\chi^2}, \qquad \beta = 0{,}134\alpha,$$

on aura

$$x = \frac{v_0^2}{g\beta}\int_0^\theta \frac{d\operatorname{tang}\theta}{\left(\operatorname{tang}\theta + \dfrac{\alpha}{2\beta}\right)^2 + \dfrac{1}{\beta} - \dfrac{\alpha^2}{4\beta^2}},$$

$$y = \frac{v_0^2}{2g\beta}\int_0^\theta \frac{(\alpha + 2\beta\operatorname{tang}\theta)\, d\operatorname{tang}\theta}{1 + \alpha\operatorname{tang}\theta + \beta\operatorname{tang}^2\theta} - \frac{\alpha}{2\beta}x.$$

Cette seconde formule donne

$$(4)\qquad y = \frac{v_0^2}{2g\beta}\,\mathcal{L}(1 + \alpha \operatorname{tang}\theta + \beta \operatorname{tang}^2\theta) - \frac{\alpha}{2\beta}x.$$

Quant à la valeur de x, nous devrons distinguer deux cas :

1° Si

$$\alpha^2 > 4\beta,$$

en posant

$$\lambda^2 = \frac{\alpha^2 - 4\beta}{4\beta^2}, \qquad \text{d'où} \qquad 2\beta\lambda = \sqrt{\alpha^2 - 4\beta},$$

on aura

$$(5)\qquad x = \frac{v_0^2}{2g\beta\lambda}\,\mathcal{L}\,\frac{(\alpha + 2\beta\lambda)\operatorname{tang}\theta + 2}{(\alpha - 2\beta\lambda)\operatorname{tang}\theta + 2}.$$

Mais en général $2\beta\lambda \operatorname{tang}\theta$, où nous supposons $\theta \leqq 45°$, sera petit par rapport à $2 + \alpha \operatorname{tang}\theta$, de sorte qu'en développant suivant les puissances croissantes de

$$\frac{2\beta\lambda \operatorname{tang}\theta}{2 + \alpha \operatorname{tang}\theta},$$

nous aurons, en ne gardant que les deux premiers termes et tenant compte de la valeur de λ,

$$(6)\qquad x = \frac{2v_0^2 \operatorname{tang}\theta}{g(2 + \alpha \operatorname{tang}\theta)}\left[1 + \frac{(\alpha^2 - 4\beta)\operatorname{tang}^2\theta}{3(2 + \alpha \operatorname{tang}\theta)^2}\right].$$

2° Si

$$\alpha^2 < 4\beta,$$

en posant

$$\lambda_1^2 = \frac{4\beta - \alpha^2}{4\beta^2}, \qquad \text{d'où} \qquad 2\beta\lambda_1 = \sqrt{4\beta - \alpha^2},$$

et en même temps

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\operatorname{tang}\theta + \dfrac{\alpha}{2\beta}}{\lambda_1}, \qquad \operatorname{tang}\varphi_0 = \frac{\alpha}{2\beta\lambda_1},$$

nous aurons

$$(7)\qquad x = \frac{v_0^2}{g\beta\lambda_1}(\varphi - \varphi_0).$$

Mais on tire des formules précédentes

$$\operatorname{tang}(\varphi - \varphi_0) = \frac{2\beta\lambda_1 \operatorname{tang}\theta}{2 + \alpha \operatorname{tang}\theta},$$

et, par suite,

$$(8) \qquad x = \frac{v_0^2}{g\beta\lambda_1} \operatorname{arc\,tang}\left(\frac{2\beta\lambda_1 \operatorname{tang}\theta}{2+\alpha\operatorname{tang}\theta}\right);$$

mais dans le cas actuel $2\beta\lambda_1 \operatorname{tang}\theta$ sera au plus égal à $0{,}268 \operatorname{tang}\theta$ ([1]); il sera donc assez petit par rapport à $2+\alpha\operatorname{tang}\theta$, et l'on aura, en développant l'arc tang et ne gardant que les deux premiers termes,

$$x = \frac{2v_0^2 \operatorname{tang}\theta}{g(2+\alpha\operatorname{tang}\theta)}\left[\frac{4\beta^2\lambda_1^2 \operatorname{tang}^2\theta}{3(2+\alpha\operatorname{tang}\theta)^2}\right].$$

Si dans cette formule on remplace alors λ_1 par sa valeur, on retrouve la formule (6) qui est donc applicable dans tous les cas.

Passons maintenant à l'étude de la seconde partie de la trajectoire, c'est-à-dire de l'arc pour lequel on a

$$45^\circ < \theta < 90^\circ.$$

Les valeurs x_1 et y_1 de x et de y pour l'origine de cet arc seront données par les formules (6) et (4) où l'on fait $\operatorname{tang}\theta = 1$.

Nous avons d'ailleurs toujours la formule (1) et nous déduirons des formules (2) et (3)

$$(9) \qquad x - x_1 = \int_{45^\circ}^{\theta} \frac{v_0^2}{g} \frac{d\theta}{\cos^2\theta + \dfrac{2v_0^2}{\chi^2}\zeta(\theta)\cos^2\theta},$$

$$(10) \qquad y - y_1 = \int_{45^\circ}^{\theta} \frac{v_0^2}{g} \frac{\operatorname{tang}\theta\, d\theta}{\cos^2\theta + \dfrac{2v_0^2}{\chi^2}\zeta(\theta)\cos^2\theta}.$$

Or pour

$$45^\circ < \theta < 90^\circ,$$

si l'on considère l'expression

$$z = \zeta(\theta)\cos^2\theta - (0{,}5 + 0{,}09\sin 2\theta),$$

on reconnaît qu'on a toujours

$$|z| < 0{,}02;$$

([1]) On a en effet

$$2\beta\lambda_1 = \sqrt{4\beta - \alpha^2} = \sqrt{\alpha(0{,}536-\alpha)} \quad \text{avec} \quad 0 < \alpha < 0{,}536;$$

or, dans ces conditions,

$$\alpha(0{,}536-\alpha) \leqq \overline{0{,}268}^2.$$

de sorte que, pour ces valeurs de θ, on aura avec une approximation toujours suffisante

$$\zeta(\theta)\cos^2\theta = 0,5 + 0,09\sin 2\theta,$$

et, si nous posons

$$A^2 = \frac{\chi^2}{v_0^2} + 0,9676,$$

les formules (9) et (10) nous donneront

$$x - x_1 = \frac{\chi^2}{g}\int_{45°}^{\theta} \frac{d\,\text{tang}\,\theta}{(\text{tang}\,\theta + 0,18)^2 + A^2},$$

$$y - y_1 = \frac{\chi^2}{g}\int_{45°}^{\theta} \frac{\text{tang}\,\theta\, d\,\text{tang}\,\theta}{(\text{tang}\,\theta + 0,18)^2 + A^2}.$$

Si alors nous posons de nouveau

$$\text{tang}\,\psi = \frac{\text{tang}\,\theta + 0,18}{A}, \qquad \text{tang}\,\psi_0 = \frac{1,18}{A},$$

nous aurons

(11)
$$\begin{cases} x - x_1 = \dfrac{\chi^2}{gA}(\psi - \psi_0), \\ y - y_1 = \dfrac{\chi^2}{gA}\displaystyle\int_{\psi_0}^{\psi} (A\,\text{tang}\,\psi - 0,18)\,d\psi \end{cases}$$

ou

(12)
$$y - y_1 = \frac{\chi^2}{g}\,\mathcal{L}\frac{\cos\psi_0}{\cos\psi} - 0,18(x - x_1).$$

Comme d'ailleurs ([1])

$$\text{tang}(\psi - \psi_0) = \frac{A(\text{tang}\,\theta - 1)}{1,18\,\text{tang}\,\theta + \dfrac{\chi^2}{v_0^2} + 1,18},$$

on pourra écrire

(13)
$$x = x_1 + \frac{\chi^2}{gA}\,\text{arc tang}\left[\frac{A(\text{tang}\,\theta - 1)}{1,18\,\text{tang}\,\theta + \dfrac{\chi^2}{v_0^2} + 1,18}\right].$$

Les valeurs de x_1 et de y_1 sont d'ailleurs fournies par les formules (4) et (6)

([1]) En tenant compte de la relation

$$A^2 = \frac{\chi^2}{v_0^2} + 0,9676.$$

où l'on fait $\tang\theta = 1$, de sorte qu'on a

$$x_1 = \frac{2v_0^2}{g(2+\alpha)}\left[1 - \frac{4\beta - \alpha^2}{3(2+\alpha)^2}\right],$$

$$y_1 = \frac{v_0^2}{2g\beta}\mathcal{L}(1+\alpha+\beta) - \frac{\alpha}{2\beta}x_1.$$

Si, en particulier, on veut avoir l'abscisse X de l'asymptote verticale, il suffira de faire $\theta = 90^\circ$ dans la formule (13) et l'on aura

$$X = x_1 + \frac{\chi^2}{gA}\,\text{arc tang}\,\frac{A}{1,18}.$$

MÉMOIRES LUS.

Appareil prothétique à mouvements coordonnés pour amputés de cuisse;
par M. **Pierre Delbet.**

L'étude des membres postérieurs envisagés dans leur ensemble révèle l'existence d'un mécanisme d'adaptation qui, en dehors de toute contraction musculaire, facilite la marche par l'utilisation de l'énergie cinétique du corps en mouvement.

Ce mécanisme est très apparent chez les animaux coureurs. Il est dû à ce que certains muscles sautent par-dessus deux articulations.

Chez un chien dont la contractilité musculaire a été supprimée par un artifice quelconque, une attitude déterminée de la cuisse impose une attitude correspondante du pied et inversement. Dans la marche ou la course, quand une patte de derrière arrive au contact du sol, le mouvement de la masse du corps animée de vitesse fléchit le pied qui porte par son extrémité antérieure. Par la flexion, les jumeaux sont tendus; ainsi, non seulement la chute est adoucie comme par un ressort, mais une partie de l'énergie cinétique, au lieu d'être transformée en chaleur, est emmagasinée sous forme de tension élastique et presque immédiatement restituée pour ramener le pied en extension, ce qui contribue à la propulsion du corps en avant.

Un mécanisme de ce genre peut être réalisé par un appareil prothétique puisque la contraction musculaire n'y joue pas de rôle. Il peut l'être de différentes façons. Celle que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie me paraît la plus simple, la plus robuste et la plus économique.

L'appareil se compose de trois segments articulés, d'une bielle et d'un ressort. Les segments représentent la cuisse, la jambe et le pied.

L'amputé, par la contraction des muscles de son moignon, projette l'appareil en avant. Celui-ci prend contact avec le sol par l'extrémité postérieure, calcanéenne de la semelle plantaire. Sous l'influence de la pression, la semelle tourne autour de l'articulation qui la joint à la tige représentant le tibia. Des deux angles qu'elle fait avec cette tige, le postérieur se ferme, l'antérieur s'ouvre. C'est l'inverse qui se produit quand le centre de gravité du corps a passé en avant de l'appareil, parce que l'appui se fait alors sur la partie antérieure de la semelle plantaire.

En employant le langage physiologique, on peut dire que la semelle plantaire se porte alternativement en flexion et en extension. Ces mouvements de pédale se font avec une grande énergie, énergie évidemment variable avec la masse du corps et sa vitesse, mais par là même proportionnée au but à atteindre.

Il est facile de les utiliser au moyen d'une bielle.

Cette bielle, antérieure et parallèle à la tige qui représente le tibia, étant articulée en bas avec la semelle plantaire, en haut avec un levier lié aux tiges qui représentent le fémur, produira dans l'articulation correspondant au genou des mouvements alternatifs de flexion et d'extension, commandés par les mouvements de la semelle plantaire et qui se feront pendant la marche aux mêmes moments que ceux d'un membre véritable. Il est aisé, en réglant convenablement la longueur des leviers, de leur donner la même amplitude qu'à ceux du membre sain.

Grâce à cette flexion automatique du genou, le centre de gravité du corps n'a pas besoin de s'élever autant pour dépasser la verticale du point d'appui du membre artificiel, et le sautillement est évité.

En outre, une partie de l'énergie cinétique qui produit la flexion est emmagasinée dans ce ressort, qui la restitue pour ramener le membre en extension.

Ainsi, ce nouvel appareil exécute automatiquement des mouvements en quelque sorte physiologiques. Non seulement il dissimule l'infirmité, mais, ce qui est plus important, il facilite beaucoup la marche.

CORRESPONDANCE.

M. G. **Cesàro**, en adressant ses remercîments à l'Académie pour l'attribution du prix Gegner, ajoute qu'il apprécie d'autant plus cette distinction que le prix lui est attribué au moment où, Président de l'Académie Royale de Belgique, il représente à la fois cette Académie et son pays.

M. le général **H. Courbebaisse** adresse, en son nom et au nom de sa famille, des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux d'*Albert de Romeu*, mort au champ d'honneur, et fait connaître que la famille abandonne le montant du prix pour l'hôpital que patronne l'Institut et qui est installé à l'hôtel Thiers.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le fascicule X (planches) des *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthur. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation des séries de Lagrange et de Laplace.* Note [1] de M. **J. Kampé de Fériet**, présentée par M. Appell.

L'étude du système d'équations

$$u = x + a\varphi(u, v); \qquad v = y + b\psi(u, v)$$

a conduit M. Darboux [2] à une élégante généralisation de la série de Lagrange

$$\mathrm{F}(u, v)\frac{\mathrm{D}(u, v)}{\mathrm{D}(x, y)} = \sum \frac{a^m}{m!}\frac{b^n}{n!}\frac{\partial^{m+n}}{\partial x^m \partial y^n}[\varphi^m\psi^n\mathrm{F}].$$

On peut obtenir des résultats plus étendus, en partant des n équations

---

[1] Séance du 26 avril 1915.

[2] G. Darboux, *Sur la série de Laplace* (*Comptes rendus*, t. 68, p. 324).

simultanées :

$$(1)\qquad u_j = x_j + \sum_{k=1}^{k=n} a_k \varphi_{j,k}(u_1, \ldots, u_n) \qquad (j = 1, 2, \ldots, n).$$

En effet, en désignant par $u_1, \ldots, u_n$ les racines de ce système qui se réduisent à $x_1, \ldots, x_n$ pour $a_1 = \ldots = a_n = 0$, on a le développement

$$(2)\qquad F(u_1, \ldots, u_n)\frac{D(u_1, \ldots, u_n)}{D(x_1, \ldots, x_n)} = \sum \frac{a_1^{m_1}}{m_1!} \cdots \frac{a_n^{m_n}}{m_n!} P_{m_1, \ldots, m_n},$$

où symboliquement

$$(3)\qquad P_{m_1, \ldots, m_n} = \left[\sum_{k=1}^{k=n} \frac{\partial}{\partial x_k} \varphi_{k,1}\right]^{m_1} \cdots \left[\sum_{k=1}^{k=n} \frac{\partial}{\partial x_k} \varphi_{k,n}\right]^{m_n} F.$$

Voici une démonstration inspirée de celle que H.-E. Heine [1] a donnée pour la série de Lagrange. On considère la fonction arbitraire $\Phi(y_1, \ldots, y_n)$ où $y_i = x_i - \sum_{k=1}^{k=n} a_k \varphi_{i,k}(x_1, \ldots, x_n)$:

$$(4)\qquad \left\{ \begin{array}{l} \Phi(y_1, \ldots, y_n) = \sum \dfrac{(-1)^\mu}{m_1! \ldots m_n!} [\Sigma a_k \varphi_{1,k}]^{m_1} \ldots [\Sigma a_k \varphi_{n,k}]^{m_n} \dfrac{\partial^\mu \Phi}{\partial x_1^{m_1} \ldots \partial x_n^{m_n}} \\ \qquad (\mu = m_1 + \ldots + m_n), \end{array} \right.$$

puis on forme l'intégrale

$$(5)\qquad J = \int_{(X_1)}^{n} F(x_1, \ldots, x_n) \Phi(y_1, \ldots, y_n)\, dx_1 \ldots dx_n,$$

X_1 désignant le domaine limité par la multiplicité : $f(x_1, \ldots, x_n) = 0$. On peut écrire

$$J = \int_{(U)}^{n} F(u_1, \ldots, u_n) \Phi(x_1, \ldots, x_n)\, du_1 \ldots du_n,$$

où U désigne le domaine limité par la multiplicité : $f(u_1, \ldots, u_n) = 0$; ou enfin

$$J = \int_{(X_2)}^{n} F(u_1, \ldots, u_n) \frac{D(u_1, \ldots, u_n)}{D(x_1, \ldots, x_n)} \Phi(x_1, \ldots, x_n)\, dx_1 \ldots dx_n,$$

X_2 étant le domaine des x qui correspond à U. On donne ensuite à Φ une

(1) H.-E. Heine, *Lagrange's Umkehrungsformel* (*Journal für die reine und angew. Matematik*, t. 54, 1857, p. 388).

variation $\delta\Phi$, arbitraire dans le domaine [1] X_0 commun aux domaines X_1 et X_2, nulle sur la frontière de X_0 et au dehors :

$$\delta J = \int_{(X_0)}^{n} F(u_1, \ldots, u_n) \frac{D(u_1, \ldots, u_n)}{D(x_1, \ldots, x_n)} \delta\Phi \, dx_1 \ldots dx_n.$$

D'autre part, en remplaçant dans (5) Φ par son développement (4), on obtient une deuxième expression de δJ, où figurent des termes de la forme

$$\int_{(X_0)}^{n} F[\Sigma a_k \varphi_{1,k}]^{m_1} \ldots [\Sigma a_k \varphi_{n,k}]^{m_n} \delta\left(\frac{\partial^\mu \Phi}{\partial x_1^{m_1} \ldots \partial x_n^{m_n}}\right) dx_1 \ldots dx_n.$$

En transformant ces termes par les procédés du Calcul des Variations et en identifiant les deux expressions de δJ, on trouve la formule (3).

Les expressions $P_{m_1,\ldots,m_n}$ se simplifient d'une façon remarquable quand les fonctions $\varphi_{j,k}$ satisfont à certaines conditions :

1° Soit

$$\varphi_{j,k} \equiv 0 \quad (k \neq j), \qquad \varphi_{j,j} = \psi_j(u_1, \ldots, u_n);$$

les équations (1) se réduisent à la forme considérée par M. Darboux :

$$P_{m_1,\ldots,m_n} = \frac{\partial^\mu}{\partial x_1^{m_1} \ldots \partial x_n^{m_n}} [\psi_1^{m_1} \ldots \psi_n^{m_n} F]. \tag{6}$$

2° Soit

$$\varphi_{1,k} = \psi_k(u_1), \qquad \varphi_{j,k} \equiv 0 \quad (j > 1);$$

les équations (1) s'écrivent

$$u_1 = x_1 + \sum_{k=1}^{k=n} a_k \psi_k(u_1), \qquad u_2 = x_2, \qquad u_n = x_n;$$

ici

$$P_{m_1,\ldots,m_n} = \frac{d^\mu}{dx_1^\mu} [\psi_1^{m_1} \ldots \psi_n^{m_n} F]. \tag{7}$$

Dans ce type, rentre la généralisation que M. Appell [2] a donnée de l'équation de Képler :

$$u - e_1 \sin u - \frac{e_2}{2} \sin 2u - \ldots - \frac{e_n}{n} \sin nu = \frac{2\pi t}{T}.$$

---

[1] Le domaine X_0 existe toujours, pourvu que les a_k soient suffisamment petits.

[2] P. Appell, *Sur l'inversion approchée de certaines intégrales réelles et sur l'extension de l'équation de Képler et des fonctions de Bessel* (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 419).

3° Soit

$$\varphi_{j,k} = \psi_k(u_1, \ldots, u_n);$$

ici

$$\text{(8)} \qquad P_{m_1,\ldots,m_n} = \left(\frac{\partial}{\partial x_1} + \ldots + \frac{\partial}{\partial x_n}\right)^{\mu} [\psi_1^{m_1} \ldots \psi_n^{m_n} F].$$

Comme application, on peut prendre $\psi_k = \frac{u_k^2 - 1}{2}$, $F = 1$; les fonctions P_{m_1, m_n}, qui se réduisent alors aux polynomes

$$P_{m_1,\ldots,m_n} = \frac{1}{2^{\mu}}\left(\frac{\partial}{\partial x_1} + \ldots + \frac{\partial}{\partial x_n}\right)^{\mu} [(x_1^2 - 1)^{m_1} \ldots (x_n^2 - 1)^{m_n}],$$

admettent la fonction génératrice

$$\frac{D(u_1, \ldots, u_n)}{D(x_1, \ldots, x_n)} = \{(a_1 x_1 + \ldots + a_n x_n - 1)^2 + (a_1 + \ldots + a_n) \times [a_1(1 - x_1^2) + \ldots + a_n(1 - x_n^2)]\}^{-\frac{1}{2}},$$

qui généralise celle de Legendre.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur une figure d'équilibre des fluides en rotation.* Note [1] de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Dans la série des figures d'équilibre voisines des ellipsoïdes de Jacobi, celle qu'on rencontre après la figure piriforme correspond à la valeur $n = 4$ du paramètre de l'équation de Lamé et présente trois plans de symétrie. Poincaré [2] en a donné un schéma qui, comme pour le piroïde, ne repose sur aucun calcul; une étude plus sérieuse a été faite par M. Liapounoff [3], qui néanmoins n'en a tiré aucune conclusion relative à la forme de la figure en question. C'est l'étude de cette forme qui fait l'objet de la présente Note.

Les axes de l'ellipsoïde de référence étant a, b et o, désignons par α_1 et α_2 les deux quantités positives et inférieures à b^2, telles que $R = (\rho^2 - \alpha_1)(\rho^2 - \alpha_2)$ soit une fonction de Lamé pour $n = 4$. Le calcul de ces quantités est aisé : leur somme, par exemple, est racine de l'équation

---

[1] Séance du 26 avril 1915.

[2] *Figures d'équilibre d'une masse fluide*, p. 162.

[3] *Sur les figures d'équilibre peu différentes des ellipsoïdes d'une masse liquide homogène douée d'un mouvement de rotation*, 3e Partie, Chap. I.

du troisième degré

$$49x^3 - 98(a^2+b^2)x^2 + 4x[12(a^2+b^2) + 13a^2b^2] - 48a^2b^2(a^2+b^2) = 0.$$

Les résultats numériques de M. Liapounoff, bien que présentés sous une forme différente, permettent de calculer les valeurs de ces diverses constantes, ainsi que des axes A, B, C, du Jacobien critique :

$$a^2 = 5,22, \quad b^3 = 5,11, \quad \alpha_1 = 3,82, \quad \alpha_2 = 0,60,$$
$$A = 0,60, \quad B = 0,69, \quad C = 2,36.$$

D'autre part, le déplacement normal à partir du point x, y, z du Jacobien est

$$\zeta = \varepsilon\left(\frac{x^2}{\alpha_1 - a^2} + \frac{y^2}{\alpha_1 - b^2} + \frac{z^2}{\alpha_1} - 1\right)\left(\frac{x^2}{\alpha_2 - a^2} + \frac{y^2}{\alpha_2 - b^2} + \frac{z^2}{\alpha_2} - 1\right),$$

où ε est une constante arbitraire, mais petite. Il est alors aisé de calculer les coordonnées des points où se coupent les sections, par les plans des xz et des yz, du Jacobien et de la figure voisine : car, en ces points, $\zeta = 0$. On trouve ainsi :

Section par le plan des xz.

Premier point de rencontre...........	$x_1 = 0,31$	$z_1 = 2,01$
Deuxième point de rencontre.........	$x_2 = 0,56$	$z_2 = 0,78$

et les symétriques par rapport aux deux axes.

Section par le plan des yz.

Premier point de rencontre..........	$y'_1 = 0,30$	$z'_1 = 2,03$
Deuxième point de rencontre........	$y'_2 = 0,57$	$z'_2 = 0,80$

et les symétriques.

Si l'on construit la section de la figure considérée par le plan des xz, par exemple, on constate que, même pour de très petites valeurs de ε, telles que 0,05, cette section semble présenter des points d'inflexion. Prouvons qu'effectivement il y en a pour de telles valeurs de ε. Les coordonnées d'un point de la section sont

$$X = A\cos\varphi + C\cos\varphi\,\zeta_1 P^{-\frac{1}{2}},$$
$$Z = C\sin\varphi + A\sin\varphi\,\zeta_1 P^{-\frac{1}{2}},$$
$$P = C^2\cos^2\varphi + A^2\sin^2\varphi,$$
$$\zeta_1 = \varepsilon\left(\frac{A^2\cos^2\varphi}{\alpha_1 - a^2} + \frac{C^2\sin^2\varphi}{\alpha_1} - 1\right)\left(\frac{A^2\cos^2\varphi}{\alpha_2 - a^2} + \frac{C^2\sin^2\varphi}{\alpha_2} - 1\right).$$

Afin de simplifier le calcul, cherchons la valeur de l'expression

$$\frac{d^2 Z}{d\varphi^2}\frac{dX}{d\varphi} - \frac{d^2 X}{d\varphi^2}\frac{dZ}{d\varphi}$$

au point x_1, z_1, pour lequel $\zeta_1 = 0$. Elle est égale à

$$AC - P^{-\frac{1}{2}}\frac{d\zeta_1}{d\varphi}\sin\varphi\cos\varphi(C^2 - A^2) + 2ACP^{-1}\left(\frac{d\zeta_1}{d\varphi}\right)^2 - P^{\frac{1}{2}}\frac{d^2\zeta_1}{d\varphi^2},$$

et, comme en ce point $\sin\varphi = 0,85$, elle prend la valeur

$$31\varepsilon^2 - 21,4\varepsilon + 1,42$$

et s'annule pour $\varepsilon = 0,07$. Donc, même pour les valeurs très petites de ε, on constate la présence de points d'inflexion, alors que, pour le piroïde, il n'y en a pas même pour $\varepsilon = 0,25$. Le schéma de Poincaré n'est donc pas très éloigné de la réalité, bien que la forme du Jacobien y soit très inexacte.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les lois d'écoulement par gouttes par les orifices capillaires.* Note de M. E. **Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

J'ai déjà eu l'occasion de montrer (¹) que le poids des gouttes qui tombent d'un orifice capillaire est une fonction assez compliquée de la fréquence des chutes. A mesure que cette fréquence augmente, le poids augmente d'abord, passe par un maximum, décroît ensuite très vite, mais en subissant, pour certaines valeurs critiques de fréquence, de brusques augmentations, en sorte qu'aux grandes vitesses le poids de la goutte peut être notablement supérieur à celui qu'elle avait lors du passage par le premier maximum.

En comparant les résultats obtenus avec une série de 15 tubes de diamètres intérieurs et extérieurs différents, j'ai pu constater que les lois du phénomène sont très nettes et relativement très simples.

Le dispositif employé est celui que j'ai précédemment indiqué, mais un peu amélioré. Le bout de tube capillaire est fixé à l'une des branches d'un siphon dont l'autre branche plonge dans un vase à circulation d'eau. Le siphon est fixe, tandis que le vase est solidaire du chariot d'un cathétomètre et peut être élevé ou abaissé à volonté par déplacements lents et progressifs. L'orifice capillaire est disposé à 1^{cm} environ

(¹) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 93.

au-dessus d'une gouttière inclinée, en zinc, formée de deux parties qui chevauchent légèrement l'une sur l'autre. Chacune de ces parties tend à être entraînée par un ressort indépendant dont le déclenchement est commandé par un bouton. En appuyant sur le bouton correspondant à la moitié inférieure de la gouttière, les deux parties se séparent laissant entre elles un vide par lequel passent les gouttes. Lorsqu'on a recueilli le nombre voulu de gouttes, il suffit de presser le bouton qui commande la moitié supérieure de la gouttière pour obturer l'orifice. On remonte ensuite les deux parties de la gouttière en vue de l'expérience suivante. Pendant toute la série des mesures faites sur un même tube, l'écoulement par l'orifice reste ininterrompu.

Le vase qui sert aux pesées est un vase à précipités dans le col duquel on a mastiqué un tube droit qui descend jusqu'à quelques millimètres du fond. Cette disposition a pour effet d'empêcher le rejaillissement du liquide à l'extérieur, lorsqu'on recueille les gouttes. Le tube peut être fermé à l'émeri. Lorsque le bouchon est en place, la perte de poids par évaporation n'excède pas 1^{mg} par 24 heures ; elle est complètement négligeable en cours d'opération.

L'ouverture momentanée de la cage de la balance détermine, du côté ouvert, des variations de température qui peuvent fausser les mesures de quelques dixièmes de milligrammes. On a soin d'attendre que le poids indiqué reste stationnaire. Après chaque déplacement au cathétomètre, on attend également quelques minutes pour permettre à la vitesse de chute de prendre sa nouvelle valeur de régime. L'ensemble des opérations sur un tube ne dure d'ailleurs que quelques heures, et se fait par conséquent à température sensiblement constante.

Le diamètre intérieur des tubes expérimentés a varié depuis $0^{mm},4$ jusqu'à $2^{mm},4$; le diamètre extérieur, de $2^{mm},3$ à 7^{mm} ; le rapport des deux diamètres, de $\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{2}$.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

1° Le produit du diamètre intérieur d par l'intervalle de chute T correspondant au premier maximum est un nombre constant A ou un multiple simple de ce nombre. Depuis la fréquence zéro jusqu'à celle qui correspond au premier maximum, le poids varie à peu près linéairement avec la fréquence (après le passage, la variation en sens inverse est beaucoup plus rapide). La droite ainsi définie détermine par extrapolation le poids P_∞ correspondant à la fréquence nulle. Cela posé :

2° Le quotient par le diamètre intérieur d de l'augmentation de poids $\delta = P_m - P_\infty$, de la goutte depuis l'origine jusqu'au premier maximum est un nombre constant B, ou un multiple simple de ce nombre.

3° Le quotient du poids origine P_∞ par le diamètre extérieur D est un nombre constant C. Ce nombre C est d'ailleurs différent de B. En outre, il n'est pas le même pour les tubes de diamètre supérieur à 5^{mm} que pour les tubes de diamètre inférieur.

Ces trois lois se déduisent de l'examen du Tableau suivant qui résume les résultats obtenus :

Tubes.	$d\times 10^4$ cm.	$D\times 10^4$ cm.	$P_m\times 10^5$ g.	$P_\infty\times 10^5$ g.	T sec.	$Td\times 10^3$ (A).	$\frac{\delta}{d}\times 10^4$ g-cm (B).	$\frac{P_\infty}{D}\times 10^4$ g-cm (C).
1.....	1363	3403	5890	5561	0,61	830	241	1630
2.....	1360	4590	7584	7240	0,61	830	253	1580
3.....	1088	8412	5880	5613	0,75	826	245	1640
4.....	490	3878	6294	6160	1,70	833	273	1590
5.....	792	3125	5226	5000	1,04	824	285	1600
6.....	732	3170	5376	5212	1,12	830	224	1640
7.....	547	2316	3973	3839	1,51	824	245	1650
8.....	522	2956	4860	4723	1,60	835	262	1600
9.....	989	3830	6296	6038	0,84	831	265	1580
10.....	2022	3970	7188	6268	0,406	820	2×228	1580
11.....	590	6370	9242	9100	2,84	2×838	244	1430
12.....	406	4969	7546	7344	2,05	822	2×249	1480
13.....	1721	5813	9214	8430	0,48	826	2×227	1440
14.....	569	6163	8860	8722	2,94	2×836	243	1420
15.....	2418	7003	11096	9958	0,70	2×846	2×235	1420

Les deux dernières lois apparaissent comme moins bien vérifiées que la première, ce qui s'explique par le fait que δ, étant parfois très petit, est affecté d'une erreur relative assez grande et aussi parce que δ et P_∞ s'obtiennent indirectement par une extrapolation graphique également assez peu précise.

Aux trois lois énoncées, il semble qu'on puisse joindre la suivante :

4° Lors d'une augmentation brusque du poids de la goutte, le quotient de cette augmentation de poids par le diamètre intérieur est égal au nombre B ou à un multiple simple de B.

Cette loi est assez difficile à vérifier, car il est rare de constater l'augmentation à la vitesse même à laquelle elle se produit. Je signalerai cependant le double résultat suivant observé sur le tube 1. Pour une fréquence voisine de 170 chutes par minute, on obtient suivant les circonstances deux valeurs pour le poids, 5686 et 6355, dont la différence est 669; de même pour une fréquence de 315, on obtient indifféremment les poids 6104 et 6671 dont la différence est 667; divisées par le diamètre intérieur du tube, ces différences donnent les quotients 2×245 et 2×244, alors que la valeur moyenne de B est 248.

PHYSIQUE. — *Résonance optique dans le champ magnétique.* Note [1] de M. **Léon Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Il ne semble pas qu'on ait fait jusqu'ici d'expériences systématiques pour établir l'influence du champ magnétique sur les phénomènes de résonance optique. Les intéressantes observations de A. v. Malinowski [2] montrent seulement que cette influence existe et qu'elle peut servir à déceler la complexité d'une raie spectrale.

Nous avons récemment [3] émis l'idée que la résonance optique, comme la diffusion, est d'origine électromagnétique et montré qu'elle doit être alors proportionnelle au carré de la longueur d'onde.

Si l'on adopte cette manière de voir, qui rattache les phénomènes de résonance aux équations classiques de la théorie de la dispersion, il devient facile de prévoir les changements de position et d'intensité des raies de résonance qui doivent se produire lorsque les équations du mouvement de l'électron se compliquent de termes supplémentaires, comme c'est le cas dans le champ magnétique.

En se conformant aux notations de Drude [4], on trouve pour le *rapport de dissipation* en l'absence du champ magnétique [5]

$$\mathrm{I} = \frac{\omega^4 \theta^2}{6\pi c^4} \frac{1}{|\Theta|^2}. \tag{1}$$

Dans le champ magnétique, il y a lieu de distinguer entre le cas où le rayon lumineux est parallèle aux lignes de force du champ et le cas où il leur est perpendiculaire.

I. *Rayon longitudinal.* — Le rapport de dissipation correspondant aux deux circulaires gauche et droit est donné par la formule

$$\mathrm{I} = \frac{\omega^4 \vartheta^2}{6\pi c^4} \frac{1}{|\Theta \mp \Phi|^2}. \tag{2}$$

---

(1) Séance du 26 avril 1915.
(2) *Phys. Zeitsch.*, t. **14**, 1913, p. 884.
(3) L. Bloch, *Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 341.
(4) P. Drude, *Lehrbuch der Optik*, p. 423.
(5) L. Bloch, *loc. cit.*

Si l'on considère Φ comme un infiniment petit du premier ordre [1], on voit que le rapport de dissipation et le coefficient d'absorption, qui lui est proportionnel, ne subissent, dans le champ magnétique, qu'une variation infiniment petite du premier ordre. L'intensité de la résonance totale ne sera pas modifiée par le champ d'une façon sensible. La raie de résonance primitivement unique sera seulement dédoublée en deux raies occupant presque exactement la place des deux raies du doublet de Zeeman. Observées transversalement, ces deux raies paraîtront polarisées rectilignement comme les composantes extérieures du triplet normal.

II. *Rayon transversal.* — Si la vibration est parallèle aux lignes de force, le champ magnétique est sans action, il n'y a aucune modification ni dans la diffusion de la lumière, ni dans la résonance. Si la vibration a lieu dans un plan perpendiculaire au champ, le rapport de dissipation s'écrit

$$(3) \qquad I = \frac{\omega^4 \theta^2}{6\pi c^4} \frac{\left|\frac{v}{\varepsilon''}\Theta - \Phi\right|^2 + \left|\Theta + \frac{v}{\varepsilon''}\Phi\right|^2}{|\Theta^2 - \Phi^2|^2\left(1 + \frac{v^2}{\varepsilon''^2}\right)}.$$

On voit qu'il n'est modifié qu'au second ordre près, si v et Φ sont du premier ordre. Ici encore le champ magnétique ne change pas sensiblement l'intensité de la résonance. Il dédouble seulement la raie initiale en deux raies pratiquement confondues avec les composantes extérieures du triplet de Zeeman. Observées dans le sens longitudinal, les raies de résonance paraîtront polarisées rectilignement.

En résumé, si l'on est loin de la résonance, la diffusion de la lumière n'est pas modifiée sensiblement par le champ magnétique. A la résonance exacte, le phénomène de Zeeman se traduit par un dédoublement sensible des raies de résonance, accompagné d'une variation d'intensité trop faible pour être accessible à l'expérience.

---

(1) C'est ce que fait Drude. Le terme Φ est proportionnel au champ magnétique.

PHYSIQUE. — *Sur la détermination du rapport* γ *par l'intermédiaire de la vitesse du son.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

Le grand intérêt qui s'attache à la connaissance du rapport γ des deux chaleurs spécifiques principales des gaz et vapeurs a suscité de nombreuses recherches par des méthodes variées. Malgré cela, nous ne possédons qu'un petit nombre de résultats dont la seconde décimale puisse être garantie, et la pénurie est surtout grande en ce qui concerne les vapeurs. On voit bien figurer dans certains Ouvrages les γ déterminés par certains auteurs avec 4 ou 5 décimales; mais si la troisième est probable dans quelques cas (gaz quasi parfaits et faciles à préparer), elle est généralement très inexacte. C'est ainsi que, pour l'acide carbonique à 0°, on trouve, d'après Wüllner, 1,31131, tandis que le calcul exact donne au moins 1,319, d'après les expériences mêmes de l'auteur.

J'ai été amené à discuter les valeurs les plus récentes, et j'ai d'abord examiné si les valeurs de la vitesse du son consignées dans le Recueil de la Société française de Physique conduisent à des valeurs considérées comme exactes ou simplement acceptables. On a (¹)

$$V = \varphi\sqrt{\frac{RT}{M}\,\frac{\gamma}{1+nP^2}}.$$

Je vais résumer les observations que suggèrent les résultats obtenus. La troisième décimale n'est donnée qu'à titre d'indication pour les vapeurs, et surtout pour les quatre dernières :

1° Az. — V observé par Bückendahl, à 0° et $76^{cm} = 337,3$ m:sec conduit à $\gamma = 1,404$ qui semble exact.

2° H. — Le Recueil donne comme observé par Stürm à 20° et 76^{cm}, $V = 1258^m$. On en déduirait $\gamma = 1,307$. L'erreur est flagrante : ce V a été ramené à 0°. Si l'on calcule, réciproquement, V_0 en admettant $\gamma = 1,390$ (²), on trouve $V_0 = 1253^m$.

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 160, p. 516.

(²) Cf. A. Leduc, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7ᵉ série, t. 17, p. 499. Il résulte de l'ensemble des meilleures déterminations que, conformément à la théorie cinétique, $\gamma = 1,4$ pour les gaz diatomiques dans l'état parfait, et que $\gamma \gtrless 1,4$ suivant qu'ils s'écartent dans un sens ou dans l'autre de la loi de Mariotte. Le nombre 1,408 attribué à l'hydrogène par Lummer et Pringsheim me paraît inacceptable.

3° CO^2. — Bückendahl donne $V_0 = 258^m$. De là $\gamma = 1,308$, nombre trop faible. On aurait en outre, d'après cet auteur, 1,291 à 100°, 1,292 à 300° et 1,283 à 770°. Cette marche est inacceptable.

4° H^2O. — On aurait, d'après Jaeger, dans la vapeur saturante à 96°, $V = 410^m$. Même erreur que pour H. Ce nombre a été « ramené à 0° », ce qui n'a d'ailleurs aucun sens expérimental. Les expériences de Jaeger donneraient, en réalité, $475^m,5$ environ.

Les expériences de Neyreneuf conduisent, pour la vapeur saturante à 100° ou légèrement surchauffée, à $V = 479^m,5$ en moyenne. On en déduit $\gamma = 1,365$; ce nombre ne s'accorde qu'assez bien avec la valeur 1,373 que j'ai calculée pour la vapeur saturante ([1]).

5° C^6H^6. — D'après Stevens, $V = 205^m$ dans la vapeur saturante à 99°,7. On en déduit $\gamma = 1,170$, au lieu de 1,136 calculé par moi ([1]).

6° $(C^2H^5)^2O$. — D'après Neyreneuf ([2]), on aurait, dans la vapeur saturante à 35° ou légèrement surchauffée, $V = 195^m$. On en déduirait $\gamma = 1,213$, au lieu de 1,083 calculé par moi, le tout en admettant que la vapeur d'éther est normale (ce qui semble d'ailleurs sensiblement exact).

L'absence de renseignements m'oblige à faire gratuitement la même hypothèse pour les vapeurs suivantes dans lesquelles V a été déterminé par Stevens (1902) au voisinage de 100°, à l'état saturant.

7° $C^2H^5.OH$. — $V = 272^m,8$ à 99°,8 conduit à $\gamma = 1,204$, qui semble acceptable.

8° $CH^3.OH$. — $V = 350^m,3$ à 99°,7 conduit à $\gamma = 1,407$, qui est probablement trop élevé.

9° $CHCl^3$. — $V = 171^m,4$ à 99°,8; $\gamma = 1,360$. Notons que Capstick trouve 1,154 à 20° et $0^{atm},15$. L'écart de ces deux nombres semble exagéré d'après ce que nous savons sur la vapeur d'eau (*loc. cit.*, p. 599).

10° CS^2. — $V = 232^m,2$ à 99°,7. On en déduit $\gamma = 1,628$, tandis que Capstick donne 1,259 à 14° et $0^{atm},2$. Même remarque : le premier nombre est probablement trop fort; mais le second est inadmissible comme inférieur au γ d'un gaz triatomique parfait.

([1]) *Ann. de Ch. et de Phys.*, 8e série, t. **28**, p. 590.

([2]) Neyreneuf (*Ann. de Ch. et de Phys.*, 6e série, t. **9**, p. 535-553) déduit de ses expériences $\gamma = 1,09$, mais en s'appuyant sur des données anciennes qu'on sait aujourd'hui inexactes. Je regrette que mes formules ne permettent pas de calculer γ à 100° d'après les expériences plus récentes de Stevens, la pression réduite atteignant 0,18.

Calcul réciproque de la vitesse du son. — Il m'a paru intéressant de comparer quelques-unes des vitesses expérimentales à celles calculées au moyen de la formule ci-dessus, en utilisant les γ fournis par la méthode des cycles. On obtient ainsi (à quelques décimètres près) les résultats ci-après :

1. Dans la *vapeur d'eau* saturante à 100° ($\gamma = 1,373$) $V = 481^{m}$, et à 96° ($\gamma = 1,371$) $V = 474^{m},8$.

2. Vapeur saturante de *benzène* à 100° ($\gamma = 1,136$) $V = 202^{m}$, et à 80° ($\gamma = 1,132$) $V = 199^{m},3$.

3. Éther à 35° : pour la vapeur saturante, $\gamma = 1,083$, et $V = 184^{m},3$; sous la pression de 22^{cm} de mercure $\gamma = 1,072$ et $V = 190^{m}$.

On voit que l'*influence de la température sur la vitesse du son dans les vapeurs saturantes peut être beaucoup plus faible que dans le cas des gaz* (*benzène*), *tandis que la pression a, au contraire, une influence considérable* (*éther*).

Conclusion. — Il ressort de cet examen que la détermination des γ des vapeurs au moyen de la vitesse du son n'a guère donné de résultats convenables. Cela peut tenir en grande partie à la difficulté d'opérer sur des vapeurs pures. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que l'erreur relative sur γ comprend le double de l'erreur sur V.

Il serait donc très désirable, afin de combler cette lacune, de développer la méthode thermodynamique des cycles (3) que j'ai fondée il y a deux ans, et qui ne fait intervenir que des données plus faciles à acquérir. Il faut reconnaître que, malheureusement, nous ne possédons pas actuellement ces données avec une précision suffisante; mais je me propose, dès que les circonstances le permettront, de faire exécuter sous ma direction les déterminations nécessaires.

GÉOLOGIE. — *Études sur les formations tertiaires du bassin de la mer de Marmara : Synthèse des données relatives au Néogène; le moment d'apparition du sillon de la mer de Marmara.* Note [1] de M. **N. Arabu**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans quelques Notes antérieures, j'ai soumis à une révision les anciennes listes de fossiles et mentionné des formes nouvelles dans plusieurs étages

[1] Séance du 26 avril 1915.

du Tertiaire de la région. Surtout en ce qui concerne le Néogène, une reprise de la question s'imposait. Il existe, en effet, au nord de la mer de Marmara, dans l'espace triangulaire compris entre le Rhodope à l'Ouest, le massif de la Strandcha, continué par le Dévonien du Bosphore à l'Est et se prolongeant au Sud jusqu'au rivage de la mer, une série épaisse et monotone de grès et de marnes, dépôts généralement saumâtres et très peu fossilifères; une foule de coupures, la plupart artificielles, avaient été proposées dont la nomenclature embrouillée attendait une révision.

Une grande partie de ces dépôts appartient très probablement au Vindobonien; j'ai montré que c'est par leur intermédiaire que se fait la liaison du Vindobonien des environs des Dardanelles avec les marnes bleues à huîtres, du même âge, de Derkos; c'est à cet horizon qu'appartiennent aussi bien les *couches à congéries* de Thrace, que l'étage que Hochstetter avait créé sous le nom de *Thracien* et qui, d'après les régions et les différents auteurs qui s'en sont occupés après lui, représentait le Sarmatien, le Méotique ou le Pontien; quelques auteurs les ont cru pléistocènes. Les couches à lignites qui forment le littoral de la mer Noire entre Karabournou et Kilios sont encore vindoboniennes.

Par-dessus ce Vindobonien existe une couverture laguno-lacustre d'âge sarmatien, réduite actuellement à quelques lambeaux; c'est une importante formation débutant généralement par un conglomérat de base et dont la partie supérieure représente le Méotique.

Mais il est très probable que la sédimentation s'arrête avec le Méotique; Neumayr a mentionné, il est vrai, le Pontien dans la région des Dardanelles en se basant sur une intéressante faune de Vertébrés; mais les formes paléontologiquement les plus jeunes qu'il a citées ont été retrouvées depuis dans le Méotique, ou même dans le Sarmatien supérieur de la Russie.

D'autre part, M. English tient pour du Pontien quelques lambeaux de l'ouest de la Thrace (à Keshan), mais il ne cite que des formes saumâtres, de peu de valeur dans les parallélisations. Le Levantin a été aussi souvent cité dans la région, mais ce qui a été décrit sous ce nom n'est que la partie supérieure du Méotique.

Vers la fin du Miocène, la région se soulève et s'assèche devenant en proie à l'érosion subaérienne. C'est alors, durant le Pontien et une partie du Pliocène, que sont creusées les vallées du Bosphore et des Dardanelles. Les couches de Gallipoli, comme M. Androussow l'a prouvé, ont été déposées pendant une courte invasion des eaux de la lagune pontique après le creusement des susdites vallées, vers la fin du Pliocène.

Les dépôts néogènes des environs de la mer de Marmara présentent une remarquable distribution dans l'espace, sur laquel M. Haug a le premier attiré l'attention; ils sont en effet localisés dans un étroit sillon traversant l'Egéide et prolongeant la traînée de dépôts méditerranéens connus depuis longtemps dans l'ouest de la Macédoine; leur continuation vers l'Est est restée inconnue jusqu'en 1902 quand M. English la découvrit sur la côte

nord du golfe de Xéros au nord des Dardanelles. J'ai précédemment établi sa liaison avec la mer qui couvrait à la même époque la région ponto-caspienne et fait la remarque que c'est alors, pour la première fois, que la région est occupée par des bras de mer avec des contours peu différents de ceux d'aujourd'hui.

Pourtant, la première ébauche de ce sillon de la mer de Marmara, fragment du grand *sillon transégéen*, est d'âge plus ancien.

M. English a démontré que les petites chaînes du Tekir-et Kourau-Dagh ne sont pas de nature cristalline et d'âge archéen comme on le croyait, mais simplement formées de bancs de grès, micacés, de couleur foncée, dépôts épais et uniformes à facies de flysch et d'âge tertiaire.

L'individualité paléontologique de ces dépôts n'est pas encore bien définie, ces couches étant rarement fossilifères; on peut citer pourtant : *Corbicula* n. sp., *Melanopsis fusiformis*, *Anthracotherium minus;* c'est en somme un dépôt de lagunes, déposé dans un golfe partiellement dessalé de la mer oligocène qui s'étendait à l'Ouest; on connaît en effet, dans l'ouest de la Macédoine, des dépôts marins oligocènes, continuant ceux du Vicentin. On peut affirmer que ce Flysch est du même âge, en dehors de toute considération de faune, car il est assez bien encadré stratigraphiquement. Il surmonte (près du village Sterna) des grès à *Nummulites Fabianii* priaboniens et plus loin vers l'Est est recouvert par le *Schlier miocène*. Ce Flysch du Tekir Dagh est un dépôt très important; son facies évidemment n'est pas bathyal, les intercalations grossièrement détritiques et même la stratification diagonale sont fréquentes; mais il faut admettre, vu son uniformité et surtout son épaisseur qui dépasse facilement 1000^m, que le fond de la cuvette où il s'est déposé s'approfondissait à mesure que les sédiments tendaient à le combler : c'est un dépôt de géosynclinal. En outre, si l'on considère, d'une part, que la direction de ses plis est parallèle au grand axe de la mer actuelle, direction qui concorde avec la distribution dans l'espace de ses affleurements, de l'autre qu'il repose sur le Priabonien, dont les directions de plissement, comme je le montrerai ultérieurement, sont presque orthogonales, il en résulte que ce Flysch s'est déposé sur l'ennoyage local post-priabonien d'une chaîne antérieure.

Nous avons là une première esquisse des directions tectoniques actuelles de la région.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la répartition des pluies en Afrique occidentale.* Note de M. **Henry Hubert**, présentée par le Prince Bonaparte.

Au point de vue du mécanisme des précipitations, il y a lieu de distinguer en Afrique occidentale les pluies d'orage (de l'Est), les pluies de mousson (du Sud-Ouest) (¹), et accessoirement, quelques pluies d'alizé (au Sénégal) et quelques pluies de relief (Fouta, Atacora).

La distinction entre les deux premières pluies, seules générales dans l'Ouest africain, ne permet pas de se faire une opinion quant à la répartition des précipitations. Il est clair en effet que, pour une époque quelconque, si l'on considère des points situés de part et d'autre et à proximité de la limite commune à chacun des deux types de précipitations, la quantité d'eau tombée est nécessairement égale à celle qui serait fournie par les pluies d'orage seules et que, par suite, cette limite commune ne peut indiquer des différences dans la somme des précipitations. Cela résulte à la fois de ce que les pluies d'orages sont celles qui libèrent le plus facilement la vapeur d'eau atmosphérique et de ce qu'elles prennent naissance au-dessus de la tranche d'atmosphère dans laquelle souffle la mousson, d'où cette double conséquence : 1° que les deux types de pluies ne peuvent être simultanés, mais alternatifs; 2° que les pluies de mousson, du fait qu'elles existent à la place des pluies d'orage, libèrent forcément par rapport à celles-ci une quantité de vapeur d'eau qui, pratiquement, ne peut être ni supérieure (les pluies d'orage étant plus faciles) ni inférieure (les pluies d'orage se produiraient).

Les deux principaux phénomènes à considérer relativement à la répartition des précipitations en Afrique occidentale sont : 1° l'intensité des courants ascendants; 2° le transport d'humidité.

I. L'examen des cartes des pluies mensuelles, établies au moyen des documents que j'ai pu rassembler, montre qu'en général la répartition des précipitations est telle que l'indique la théorie du déplacement de la zone des calmes équatoriaux, avec deux saisons des pluies pour les régions méridionales. Mais cette théorie ne saurait avoir son application ici, puisque la présence de la mousson, qui précède les pluies dans l'intérieur, écarte la possibilité de l'existence d'une zone des calmes. Cependant, il y a nécessairement des courants ascendants, seulement ceux-ci sont toujours obliques (parfois même extrêmement), au moins dans leur partie inférieure, puisqu'ils sont dans le courant de la mousson. Il est évident que leur

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1881.

intensité et leur verticalité augmentent, et par suite les chances de précipitations, avec la température. Par conséquent, la position de la zone des pluies maximales est forcément en relation avec la zone des températures maximales et elle a des déplacements de même sens aux mêmes époques. Or, comme en dépit de certaines anomalies, la position de cette dernière dépend elle-même du mouvement apparent du Soleil, les choses sont en somme analogues à ce que fait prévoir la théorie du déplacement de la zone des calmes.

II. D'après ce qui précède, la position de la zone des pluies maximales devrait coïncider avec celle des températures maximales, à un léger décalage près. Cela s'observerait sans doute si la quantité de vapeur d'eau libérable était égale partout. Mais comme c'est la mousson qui apporte l'humidité, celle-ci diminue à partir de la côte méridionale à mesure que la latitude augmente. Par conséquent, la zone des pluies maximales, qui coïncide nécessairement avec la côte aux deux époques limites où la zone des températures maximales y passe elle-même (ou est très voisine), va prendre pour tous les autres moments une position intermédiaire, fonction à la fois de l'intensité des courants ascendants et de la quantité d'eau apportée. Ainsi s'explique que, sauf aux deux époques limites, la zone des pluies maximales soit à une latitude beaucoup plus basse que la zone des températures maximales.

Enfin, comme il n'y a pas seulement diminution de la vapeur d'eau du Sud au Nord, mais progression de celle-ci dans le sens SW-NE, qui est celui de la mousson, il en résulte : 1° Que les régions côtières orientées normalement à la direction de la mousson (Guinée à Libéria; delta du Niger) bénéficient d'un surcroît considérable de précipitations, celles-ci n'étant plus du tout, par suite, réparties conformément à la théorie précédente;

2° Que les régions soudanaises, situées sous le vent de la côte guinéenne, bénéficient d'un surcroît de vapeur d'eau, mais celle-ci est utilisée conformément à la théorie précédente de sorte qu'on observe, au milieu de la zone des pluies maximales lorsque celle-ci atteint le Soudan, une zone de pluies encore plus fortes Z [1] qui se relie d'ailleurs à la côte guinéenne.

---

(1) Il est important de signaler que la progression de cette zone Z a lieu dans le sens Ouest-Est et sa régression dans le sens Est-Ouest. En d'autres termes, son mouvement, complètement indépendant de celui que possède en latitude la zone des pluies maximales, est simplement parallèle à la direction de propagation de la mousson.

Mais la diminution de l'humidité vers l'Est, à laquelle s'ajoute l'influence des orages qui rejettent la pluie dans l'Ouest, fait que cette zone centrale Z est limitée par une courbe fermée à l'Est.

Des considérations théoriques à développer d'autre part établissent encore que la limite nord des régions à deux saisons de pluies est une zone à précipitations constantes pendant plusieurs mois. Cela est confirmé par l'observation. Au nord de cette limite, il ne peut y avoir que des régions à une saison de pluies; mais, par suite de circonstances exceptionnelles dont il est matériellement impossible de donner ici le détail, la zone centrale Z disparaît temporairement en juin. La diminution des précipitations qui en résulte a été interprétée par certains auteurs comme étant l'individualisation de la petite saison sèche des régions méridionales. Il serait facile de démontrer que cette interprétation n'est pas satisfaisante, mais des considérations d'époque et de situation géographique suffisent à l'écarter *a priori*.

BOTANIQUE. — *De l'action morphogénique de la sursalure sur les Bactéries marines*. Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une précédente Note ([1]), j'ai montré que les Bactéries de l'eau de mer peuvent vivre dans une eau contenant, en chlorure de sodium, de 8 à 16 pour 100 (suivant les espèces), alors que le taux de la salure naturelle n'est que d'environ 2,5 pour 100. Il y avait lieu de compléter ces notions par la question de savoir si, dans cette eau sursalée, les Bactéries (il s'agit ici du genre *Bacillus*) n'éprouvent pas de modifications morphologiques. Des examens microscopiques multipliés m'ont permis de constater que celles-ci sont très fréquentes. Cependant, il est à noter que, dans toutes les cultures faites dans de l'eau, même au taux maximum de NaCl compatible avec la vie des Bactéries, il y a *toujours* (et même en grande quantité) des éléments absolument normaux; mais, *à côté d'eux*, d'autres éléments qui, bien qu'ayant même origine, se conduisent, pour des raisons inconnues, différemment, d'où un mélange parfois très hétérogène qui, d'ailleurs, rappelle, mais amplifié, ce qui se constate dans n'importe quelle culture,

([1]) *Sur la résistance à la salure des Bactéries marines* (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 443).

même dans les milieux les plus normaux, polymorphisme que connaissent bien tous les bactériologistes.

Pour en revenir à la manière particulière dont certains éléments réagissent à la sursalure, on peut les grouper sous huit chefs de file :

1° Les éléments ne subissent pas de modifications morphologiques apparentes, mais leur développement est très lent : c'est ainsi que (le cas est, d'ailleurs, d'une généralité absolue) le trouble général du liquide ensemencé ne commence à être perceptible à la vue qu'au bout de 8 à 10 jours en eau sursalée au maximum, au lieu de 1 à 2 jours en salure normale.

2° Les bâtonnets, au lieu de se séparer, restent unis entre eux en chaînes d'une longueur parfois démesurée et pouvant être formées d'une cinquantaine d'éléments. Ceux-ci sont, alors, tantôt immobiles, tantôt mobiles; dans ce dernier cas, les chaînes avancent d'un mouvement irrégulier, comme si l'on avait affaire à un système articulé où chaque partie agirait pour son propre compte; on a l'impression que chaque élément, quoique uni à son voisin, a une individualité propre et « n'a pu arriver » à s'en séparer.

3° Les bâtonnets, au lieu de garder leur dimension normale, s'allongent sensiblement, de manière à atteindre 4 à 10 fois la longueur normale, tout en restant droits, rectilignes et en ayant perdu leur mobilité.

4° Les bâtonnets se comportent de même, mais restent lentement mobiles, se déplaçant dans le sens de leur longueur.

5° Les bâtonnets s'allongent considérablement, mais sont très irréguliers, présentant des courbures inégales et capricieuses; ce sont les « formes filamenteuses » qu'on rencontre si fréquemment dans les cultures, mais, ici, beaucoup plus nombreuses et parfois extrêmement longues et tortueuses : elles sont, dans la majorité des cas, immobiles.

6° Des formes filamenteuses, identiques à ce qui vient d'être dit, sont lentement mobiles et progressent, presque toujours, dans la même direction.

7° Les formes filamenteuses sont immobiles, moins allongées, mais plus régulières et affectent la forme en tire-bouchons réguliers que l'on considère comme caractéristique du genre *Spirillum*, alors qu'ici ce sont manifestement des *Bacillus*.

8° Des formes spiralées semblables sont mobiles et avancent, à la fois, par des ondulations latérales d'ensemble et en tournant sur elles-mêmes à la manière d'une vis qu'on ferait pivoter autour de son axe : c'est dire

que ces formes sont rigoureusement identiques aux vrais *Spirillum* et que, si on les rencontrait seules, on les placerait sans hésiter dans ce genre, dont la légitimité est, peut-être, sujet à caution.

En somme, on voit que la sursalure agit surtout sur les *Bacillus* en entravant leur désarticulation, en accroissant leur longueur, en augmentant beaucoup leurs formes filamenteuses et en les transformant parfois en vrais Spirilles [1]. Dans tous les cas, il y a un retard marqué dans le développement, et il n'est pas impossible qu'il y ait, entre ce fait et les modifications morphologiques que je viens de signaler, une certaine relation de cause à effet.

MÉDECINE. — *Sur les blessures de guerre et la cure solaire.* Note [2] de M. **Robert Sorel**, présentée par M. d'Arsonval.

Le premier Congrès de l'Association internationale de Thalassothérapie a eu lieu à Cannes du 15 au 22 avril 1914, sous la présidence d'honneur de S. A. S. le Prince de Monaco et sous la présidence effective du professeur d'Arsonval, Membre de l'Institut.

Une seule question était mise à l'ordre du jour : l'héliothérapie marine. Des rapports déjà publiés ont étudié la cure solaire à tous ses points de vue, physiques, chimiques, météorologiques, biologiques.

Les lecteurs des *Comptes rendus* y verront que c'est une méthode française utilisée pour la première fois par le professeur Poncet, de Lyon, et que les effets de la cure ont leur rendement maximum au bord de la mer. Nulle région n'est donc mieux indiquée pour l'essai de cette méthode physiothérapique que la côte d'Azur.

Étant chirurgien de l'hôpital Alexandra à Monte-Carlo, il était assez naturel que l'un des Secrétaires du Congrès de Cannes songeât à appliquer la cure solaire au traitement des blessures de guerre. Dans cet hôpital, à quelques exceptions près, nous n'avons employé que des agents physiques pour assurer la cure de nos malades : asepsie simple, stérilisation des objets de pansements, instruments, gants de caoutchouc, à l'autoclave à 120°;

---

(1) A noter aussi, dans bien des cas, mais pas dans tous, l'augmentation du nombre et des dimensions des vacuoles.

(2) Séance du 26 avril 1915.

aucun antiseptique de la peau, ni du chirugien, ni du patient, mais air chaud et cure solaire.

Ce sont les résultats obtenus que j'ai l'honneur de présenter dans cette Note. Des plaies infectées avec sphacèle ou lymphangite se sont rapidement cicatrisées.

Nous donnons ci-dessous la liste des malades où cette méthode a été uniquement employée et nous communiquons des photographies des larges plaies contuses et infectées guéries complètement par le soleil.

Un chirurgien doit plus compter sur l'aptitude héritée de l'organisme à lutter contre l'infection (phagocytose, anti-corps, etc.), ou sur les moyens physiques pour mettre cet organisme dans les meilleures conditions de lutte, que sur les moyens chimiques qui ajoutent trop souvent leurs intoxications aux toxines microbiennes [1].

MALADES SOIGNÉS PAR LES BAINS DE SOLEIL.

Edmond Francoul....	14 septembre-21 octobre. Bargemont (Var). Plaie à l'extrémité de l'annulaire gauche.
Marius Eckel........	14 septembre-8 décembre. Dagonville (Meuse). Plaie par balle au coude gauche. Lymphangite.
François Auda.......	14 septembre-14 novembre. Sospel (A.-M.). Plaie contuse de toute l'éminence thénar.
Jean Frippet.........	14 septembre-2 novembre. Bonnieux (Vaucluse). Blessure à l'épaule gauche.
Marius Nalin.........	14 septembre-8 octobre. Marseille. Phlyctène au médium droit. Balle en séton au-dessus du genou droit.
Louis Couchot.......	14 septembre-10 novembre. Paris. Plaie infectée par balle au bras droit, avec lymphangite.
Marcellin Bellon.....	14 septembre-13 octobre. Vernègues (B.-du-R.). Balle dans la main gauche, plaie infectée.
Auguste Page........	14 septembre-2 novembre. Reims. Phalangette annulaire gauche emportée.
Lucien Dumas.......	14 septembre-28 septembre. Robillac (Gard). Plaie infectée, extrémité de l'index gauche.
Ernest Gilquin.......	14 septembre. Nettancourt (Meuse). Pied gauche traversé par une balle.

(1) ROBERT SOREL, *Étude sur la désinfection des mains* (séance du 6 décembre 1912 de la Société de Médecine et de Climatologie de Nice; *Comptes rendus du Congrès de Chirurgie*, séance du 7 octobre 1913, p. 226; *Journal des Praticiens*, 8 novembre 1913, p. 727).

Louis Boulbet.......	25 décembre. L'Espinasse-par-Belasta (Ariège). Grande et profonde plaie de l'épaule droite par éclat d'obus; plaie du cuir chevelu.
Léon Piccon.........	30 septembre-11 février. Cannes (Alpes-Maritimes). Fracture des trois métatarsiens médians du pied droit.
Louis Piepers........	30 septembre-22 janvier. Armentières. Plaie en séton par balle à la jambe droite (mollet).
Trouguet-Chala......	30 septembre-12 janvier. Castex-Miollans (Gers). Plaie au pied droit. Lymphangite.
Jean-Marie Bira......	14 septembre-12 janvier. Asson (Basses-Pyrénées). Éclat d'obus au genou gauche.
Joseph Molinier......	30 septembre-5 décembre. Vias (Hérault). Plaie au pied gauche par balle.

MÉDECINE. — *Localisation radioscopique des corps étrangers par la méthode de Hirtz.* Note (1) de M. **Maxime Ménard**, présentée par M. d'Arsonval.

La localisation des projectiles par la méthode de Hirtz n'a été effectuée jusqu'à ce jour qu'en utilisant la radiographie.

D'après les renseignements qui nous ont été donnés de nombreuses installations radiologiques ne disposent pas de plaques sensibles et, par suite, ne peuvent pas faire bénéficier les blessés de la précision de la méthode de Hirtz.

Nous avons recherché si, dans certains cas, il ne serait pas possible de remplacer la plaque radiographique par l'écran fluorescent. Nos essais ont été couronnés de succès et nous croyons utile de faire connaître ces résultats.

Le matériel utile est le même que celui des opérations radiologiques ordinaires. La table d'examen doit être transparente aux rayons X. Le pied support d'ampoule doit être facilement placé sous la table et l'écran fluorescent de dimensions convenables 30×40 ou 40×50.

La disposition du matériel et du patient par rapport à la table d'examen est la suivante :

1° L'ampoule est placée sous la table;
2° Le patient est couché sur la table;

(1) Séance du 26 avril 1915.

3° L'écran fluorescent est placé au-dessus du patient, dans un plan parallèle à celui de la table. Il n'est pas utile de le mettre en contact immédiat avec la peau du patient. Pour la localisation radiographique des corps étrangers par la méthode de Hirtz, on fait deux radiographies sur la même plaque en déplaçant l'ampoule d'une quantité connue.

Il en est de même pour la localisation radioscopique.

Les trusquins ayant été convenablement placés sur la peau du blessé, l'écran est placé dans un plan parallèle à celui de la table d'examen. On mesure la distance du tube à l'écran et l'on inscrit sur le verre protecteur de ce dernier le point choisi pour le passage du rayon normal.

On fait un premier examen radioscopique et l'on marque sur le verre protecteur de l'écran la silhouette de chacune des pointes ou des sphères de plomb des trusquins ainsi que celle du corps étranger. L'ampoule étant déplacée d'une quantité connue, on marque sur le verre protecteur de l'écran la silhouette de chaque trusquin et celle du corps étranger.

L'opération radioscopique est ainsi terminée et l'on possède alors tous les éléments utiles à l'exécution de l'épure qui permet le réglage du compas.

Nous avons localisé par le procédé radioscopique une aiguille située dans le bras. L'opération, faite dans le service de M. Schwartz, chirurgien de l'hôpital Cochin, en suivant les indications du compas, a amené, en quelques instants, la découverte et l'extraction du fragment de l'aiguille situé à 2^{cm} de la peau. Nous avons obtenu le même résultat pour un éclat d'obus mesurant 5^{mm} sur 3^{mm} et situé à 6^{cm} de profondeur des téguments de la face interne de la cuisse.

Nous avons localisé des corps étrangers de faible dimension, ceux pour lesquels la localisation doit être rigoureusement précise et nous sommes certains que, dans les stations radiologiques où l'on ne peut pas avoir de plaques, l'écran fluorescent peut remplacer la plaque radiographique sans nuire à la précision de la méthode.

Toutefois, dans les postes radiologiques munis de plaques, la méthode radiographique doit être préférée à la méthode radioscopique à cause des brûlures auxquelles l'opérateur est exposé.

De ce qui précède et des résultats obtenus par nous avec la méthode de Hirtz, notre conclusion est que :

1° Cette méthode est désormais accessible à tous les radiologues puisqu'elle utilise la radioscopie et la radiographie ;

2° Elle est supérieure aux autres méthodes, car, durant toute l'opération, elle guide le chirurgien dans la direction du corps étranger et donne sa situation exacte dans la profondeur des tissus. A ce dernier point de vue, nous avons apporté quelques légers perfectionnements à la sonde de profondeur du compas de Hirtz. A l'extrémité de cette dernière, nous avons ajouté une aiguille capable de pénétrer dans les tissus et d'entrer en contact avec le corps étranger. Un dispositif spécial permet de libérer l'aiguille de la sonde de profondeur et le chirurgien, guidé alors par l'aiguille, peut facilement atteindre le corps étranger. Ce dispositif a pour but d'éviter les applications répétées du compas au cours d'une opération. Dans certaines régions, par suite de la présence de vaisseaux ou d'organes importants, on ne peut utiliser l'aiguille; on procède alors suivant la méthode habituelle.

Enfin, il est avantageux, dans certains cas, de pouvoir remplacer une ou deux des branches horizontales du compas actuel par une ou deux branches plus courtes ou plus longues. Ce ne sont là que des modifications peu importantes destinées à faciliter l'application du compas sur n'importe quelle région de l'organisme.

M. **Marcel Baudouin** adresse une Note intitulée : *Découverte d'une pierre à sculptures de type néolithique sous les dunes anciennes des marais de Vendée.*

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MAI 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Charles Richet** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *En temps de guerre. Ce que toute femme doit savoir. Les antiseptiques. Les anesthésiques. Les aliments.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux Membres de la Division des Sciences physiques qui devront remplacer, dans la *Commission du Fonds Bonaparte*, MM. Edmond Perrier et Guignard, Membres sortants, non rééligibles.

MM. **A. Lacroix** et **G. Bonnier** réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations de Laplace à invariants égaux.* Note [1] de M. **E. Bompiani.**

1. Nous allons démontrer, d'une manière purement géométrique, les beaux théorèmes que M. Tzitzéica a donnés sur les suites périodiques à invariants égaux qui généralisent les surfaces minima [2].

---

[1] Séance du 26 avril 1915.

[2] Voir, pour les notations, ma Note du 26 avril, p. 551, t. 160.

J'interprète, comme d'ordinaire, $n+1$ solutions indépendantes de (E) comme coordonnées homogènes d'un point qui décrit une surface Φ avec un réseau conjugué. Appelons $x^{(i)}$ le $i^{\text{ième}}$ transformé de Laplace de x [dont les coordonnées sont des solutions de (E_i)] qui décrit la surface Φ_i. Je dis que (¹) *si $x^{(i)}=x$, c'est-à-dire si la suite est périodique avec période i, elle est plongée dans un espace S_{i-1} à $i-1$ dimensions.*

En effet, l'espace S_{i-1} osculateur en x à la courbe ρ_1 de Φ est celui qui joint x au S_{i-2} osculateur en $x^{(1)}$ à la courbe ρ_1 de Φ_1; pareillement, l'espace S_{i-1} osculateur en x à la courbe ρ_2 de Φ est celui qui joint x au S_{i-2} osculateur en $x^{(i-1)}$ à la courbe ρ_2 de Φ_{i-1} $(=\Phi_{-1})$. Je dis que ces deux espaces S_{i-1} coïncident. En effet, j'ai montré ailleurs que (²) l'espace S_{i-2} osculateur en $x^{(1)}$ à la courbe ρ_1 est aussi osculateur en $x^{(i-1)}$ à la courbe ρ_2. Or *si aucune surface de la suite ne dégénère en une courbe* (³), il n'est pas possible que les espaces S_{i-1} osculateurs à un système de courbes du réseau conjugué coïncident en chaque point avec les S_{i-1} osculateurs aux courbes de l'autre système, à moins que toutes les surfaces de la suite ne soient plongées dans le même espace S_{i-1}. C. Q. F. D.

2. Supposons maintenant que les tangentes aux courbes d'un réseau conjugué sur Φ, en S_3, soient tangentes à une quadrique; nous voulons démontrer que le réseau donné est à invariants égaux et que la suite de Laplace est périodique. La première partie est évidente puisque le plan tangent en un point de Φ coupe la quadrique suivant une conique qui, on le voit immédiatement, est celle de Kœnigs (⁴). La droite $xx^{(1)}$, qui touche en x la surface Φ et en $x^{(1)}$ la quadrique, a pour tangente conjuguée par rapport à la quadrique la tangente à la courbe ρ_2 en $x^{(1)}$ et le plan osculateur à cette courbe en ce point n'est autre chose que le plan polaire de x par rapport à la quadrique. Par la même raison, ce plan est aussi osculateur à la courbe ρ_1 en $x^{(-1)}$ et par conséquent les plans osculateurs aux courbes ρ_2

(¹) TZITZÉICA, *Sur les réseaux conjugués à la suite de Laplace périodique* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 908).

(²) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 603.

(³) Cette restriction est nécessaire. J'ai trouvé un exemple de suite à période 3 fermée des deux côtés sur une même courbe qui appartient à un S_4 (voir : *Contributo allo studio dei sistemi lineari di rette* (*Atti Ist. Veneto*, t. 73, 1913-1914).

(⁴) Le théorème de M. Kœnigs sur les équations à invariants égaux (dont j'ai donné une démonstration très simple dans *Atti Lincei*, 7 février 1915) semble avoir complètement échappé à M. Wilczynski qui l'a retrouvé dans un article : *Flächen mit unbestimmten Direktrixkurven* (*Math. Ann.*, 76 Bd, voir p. 142-145).

de Φ_1 en tous les points d'une courbe ρ_1 enveloppant une courbe ρ_1 sur Φ_{-1}. Mais, par un théorème général, ce sont les mêmes plans qui enveloppent les courbes ρ_1 de Φ_3, donc $\Phi_{-1} \equiv \Phi_3$, ou bien $\Phi \equiv \Phi_4$; c. q. f. d. Comme le raisonnement est réversible, et comme on peut le généraliser aux réseaux de S_{2n-1} tels que les espaces S_{n-1} osculateurs aux courbes caractéristiques soient tangents à une même quadrique, on a le théorème de M. Tzitzéica (1); ces réseaux ont des invariants égaux et la suite de Laplace est périodique, $x^{(2n)} \equiv x$; et *vice versa*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème des diviseurs de Dirichlet.* Note (2) de M. G.-H. **Hardy**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit $d(n)$ le nombre de diviseurs de n, et

$$D(n) = d(1) + d(2) + \ldots + d(n) = n \log n + (2C - 1)n + \Delta(n),$$

où C désigne la constante d'Euler. Le problème de Dirichlet est celui de la détermination de l'ordre de la fonction $\Delta(n)$.

Dirichlet a démontré en 1838 que

$$\Delta(n) = O(\sqrt{n}),$$

et personne n'a pu améliorer la formule de Dirichlet, avant M. Voronoï qui l'a remplacée en 1903 (3) par

$$\Delta(n) = O\left(n^{\frac{1}{3}} \log n\right),$$

formule la plus précise que l'on connaisse aujourd'hui.

(1) *Sur une généralisation des surfaces minima non euclidiennes* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1136).

(2) Séance du 26 avril 1915.

(3) *Sur un problème du calcul des fonctions asymptotiques* (*Journal für Mathematik*, t. 126). M. Pfeiffer avait donné déjà la formule

$$\Delta(n) = O\left(n^{\frac{1}{3} + \varepsilon}\right),$$

pour tout $\varepsilon > 0$. La démonstration de M. Pfeiffer n'était pas suffisante; mais elle a été reprise par M. Landau, qui a fait voir que les idées de M. Pfeiffer peuvent servir même pour la démonstration de la formule de M. Voronoï. Voir pour tout cela les travaux de M. Landau, *Ueber die Anzahl der Gitterpunkte in gewissen Bereichen* (*Göttinger Nachrichten*, 1912) et *Die Bedeutung der Pfeiffer'schen Methode für die analytische Zahlentheorie* (*Wiener Sitzungsberichte*, 1912).

Je suis parvenu récemment à la démonstration du fait que le nombre $\frac{1}{3}$ de MM. Pfeiffer et Voronoï ne peut se remplacer par aucun nombre inférieur à $\frac{1}{4}$. Plus précisément, j'ai établi l'existence d'un nombre K tel que chacune des inégalités

$$\Delta(n) > \mathrm{K}n^{\frac{1}{4}}, \qquad \Delta(n) < -\mathrm{K}n^{\frac{1}{4}} \tag{1}$$

est vérifiée pour des valeurs indéfiniment croissantes de n.

2. La démonstration repose sur la considération de la fonction

$$\mathrm{F}(y) = \sum_{1}^{\infty} \frac{d(n)}{\sqrt{n}} e^{-y\sqrt{n}} \qquad [\mathrm{R}(y) > 0].$$

En faisant application du théorème de Cauchy et des formules connues de MM. Cahen et Mellin, on trouve pour $k > 1$:

$$\begin{aligned} \mathrm{F}(y) &= \frac{1}{2\pi i}\int_{k-i\infty}^{k+i\infty} y^{-s}\,\Gamma(s)\left[\zeta\left(\frac{1}{2}s+\frac{1}{2}\right)\right]^2 ds \\ &= -\frac{4\log y}{y} + \sum_{0}^{\infty} \frac{(-y)^n}{n!}\left[\zeta\left(-\frac{1}{2}n+\frac{1}{2}\right)\right]^2 = -\frac{4\log y}{y} + \mathrm{G}(y), \end{aligned}$$

$\mathrm{G}(y)$ étant une série convergente pour $(y) < 4\pi$. Ces formules nous permettent d'étudier la fonction $\mathrm{F}(y)$ dans tout le plan. C'est une fonction multiforme qui possède des points singuliers isolés en nombre infini ; et, ce qui est l'essentiel, elle a des infinis algébriques, d'ordre $\frac{1}{2}$, en tous les points

$$y = \pm y_q = \pm 4\pi i\sqrt{q} \qquad (q = 1, 2, 3, \ldots).$$

On a, de plus,

$$\mathrm{F}(y_q + \eta) = \sum \frac{d(n)}{\sqrt{n}} e^{-(y_q+\eta)\sqrt{n}} \sim \mathrm{A}\frac{d(q)}{q^{\frac{1}{4}}}\frac{1}{\sqrt{\eta}}$$

et

$$\sum \frac{\Delta(n)}{n} e^{-(y_q+\eta)\sqrt{n}} \sim \mathrm{B}\frac{d(q)}{q^{\frac{3}{4}}}\frac{1}{\sqrt{\eta}},$$

A, B étant des constantes absolues quand η tend vers zéro par des valeurs positives. Pour achever la démonstration, il suffit de suivre le raisonnement dont se sert M. Landau (¹) en démontrant une proposition analogue de M. Schmidt.

(¹) Landau, *Handbuch*, p. 718-719.

3. M. Piltz a généralisé le problème de Dirichlet en considérant les sommes

$$D_p(n) = d_p(1) + d_p(2) + \ldots + d_p(n),$$

où $d_p(n)$ désigne le nombre des décompositions de la forme $n = n_1 n_2 \ldots n_p$. Il a donné pour la fonction $\Delta_p(n)$ analogue à $\Delta(n)$, la formule

$$\Delta_p(n) = O\left(n^{1-\frac{1}{p}} \log^{p-2} n\right).$$

M. Landau (voir le premier travail cité ci-dessus) a donné la formule plus précise

$$\Delta_p(n) = O\left(n^{\frac{p-1}{p+1}+\varepsilon}\right).$$

La méthode que je viens d'esquisser conduit à

$$\Delta_p(n) > K_p\, n^{\frac{p-1}{2p}}, \qquad \Delta_p(n) < -K_p\, n^{\frac{p-1}{2p}},$$

pour des valeurs indéfiniment croissantes de n.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les mouvements holonomes à formes multiples de Lagrange*. Note de M. **Et. Delassus**, présentée par M. Émile Picard.

1. Un système de Lagrange étant défini par une force vive $2T$ et un travail virtuel ϖ, on peut modifier de diverses façons $2T$ et ϖ sans changer les équations. On a ainsi les formes $(2T', \varpi')$ *équivalentes* à la forme $(2T, \varpi)$.

Deux formes $(2T, \varpi)$ $(2T', \varpi')$ seront dites *homologues* si, n'étant pas équivalentes, les q'' tirés des équations de Lagrange fournies par la première vérifient identiquement les équations de Lagrange fournies par la seconde, et, suivant que le discriminant de $2T'$ sera non nul ou nul, la forme $(2T', \varpi')$ sera une forme homologue complète ou incomplète. Si une forme possède des formes homologues, celles-ci forment un groupe, car elles sont homologues les unes des autres et ce groupe se conserve par un changement quelconque de paramètres.

2. La recherche des formes possédant des formes homologues peut se faire rigoureusement dans le cas de deux paramètres en partant d'une

forme réduite obtenue au moyen de paramètres convenables et conduit au résultat suivant :

Pour qu'il existe des formes homologues, il faut que la force vive du système soit réductible, par un changement convenable de paramètres et par équivalence, à la force vive

$$x'^2 + y'^2$$

d'un point matériel. S'il en est ainsi, il y a une infinité de formes homologues qui, en partant de la forme réduite ponctuelle

$$2T = x'^2 + y'^2, \quad \mathfrak{T} = X\,\delta x + Y\,\delta y,$$

sont

$$2T' = F(x', y'), \quad \mathfrak{T} = \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial X}\delta x + \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial Y}\delta y.$$

3. Nous bornant au cas où t ne figure pas dans X et Y, cherchons s'il existe des formes homologues admettant l'intégrale des forces vives. En posant

$$\mathfrak{v} = \frac{\partial X}{\partial y}, \qquad \varphi = -\frac{\partial Y}{\partial x}, \qquad \mathfrak{w} = \frac{\partial Y}{\partial y} - \frac{\partial X}{\partial x},$$

on a les résultats suivants :

Si $\mathfrak{v}$, φ, $\mathfrak{w}$ sont nulles, on est dans le cas de la force centrale proportionnelle à la distance. Toutes les formes homologues sont à intégrale de force vive.

Si $\mathfrak{v}$, φ, $\mathfrak{w}$ sont proportionnelles à des constantes, on a une infinité de formes homologues à intégrale de force vive et, en partant de l'une d'elles, la méthode de Jacobi montre *a priori* l'intégration par quadratures. En pratique, on est ramené à l'un des trois cas :

1° $\quad \dfrac{\partial X}{\partial y} = 0, \quad \dfrac{\partial Y}{\partial x} = 0$ (variables séparées);

2° $\quad \dfrac{\partial X}{\partial y} = -\dfrac{\partial Y}{\partial x}, \quad \dfrac{\partial Y}{\partial y} = \dfrac{\partial X}{\partial x}$ (cas de M. Lecornu);

3° $\quad \dfrac{\partial X}{\partial y} = 0, \quad \dfrac{\partial Y}{\partial y} = \dfrac{\partial X}{\partial x}.$

Si $\mathfrak{v}$, φ, $\mathfrak{w}$ sont liées par une seule relation linéaire homogène et à coefficients constants, on aura une seule forme à intégrale des forces vives, forme mettant en évidence l'intégration par quadratures si l'on connaît

une autre intégrale indépendante du temps, par exemple si la force est centrale. On est ainsi ramené à la loi de force centrale

$$X = x\mathcal{F}(\omega), \quad Y = y\mathcal{F}(\omega),$$

ω étant une forme homogène linéaire ou quadratique en x, y. Si ω est linéaire, l'intégration est évidente par un changement de paramètres, et si ω est quadratique, on ramène à une force centrale fonction de la distance en considérant la forme homologue ayant pour force vive $\omega(x', y')$.

4. Nous bornant, pour simplifier, au cas de trois paramètres, les systèmes ponctuels, réductibles à la forme

$$2T = x'^2 + y'^2 + z'^2,$$
$$\mathfrak{T} = X\,\delta x + Y\,\delta y + Z\,\delta z,$$

admettent toutes les formes homologues

$$2T = F(x', y', z'),$$
$$\mathfrak{T} = \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial X}\delta x + \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial Y}\delta y + \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial Z}\delta z;$$

chacune étant fournie par un cône

$$F(x, y, z) = 0.$$

S'il existe des cônes fournissant des formes homologues à intégrale des forces vives, ils forment une série linéaire

$$F = \lambda_1 F_1 + \ldots + \lambda_p F_p.$$

Si $p = 2$, on est ramené, par des quadratures, soit à intégrer un mouvement plan de point matériel avec une seule intégrale de force vive, soit un mouvement rectiligne sans intégrale de force vive.

Si $p = 3$, on a l'intégration complète par quadratures sauf si le cône F est composé de deux plans variables issus d'une droite fixe, et alors, par quadratures, on est ramené à un mouvement rectiligne sans intégrale de force vive.

Si $p = 4$, on a toujours l'intégration complète par quadratures.

Le cas $p = 5$ n'existe jamais.

Enfin, le cas $p = 6$ donne la force centrale proportionnelle à la distance.

Si, la force étant centrale, on se trouve dans le cas de $p = 1$, on trouve la loi

$$X = x\mathcal{F}(\omega), \quad Y = y\mathcal{F}(\omega); \quad Z = z\mathcal{F}(\omega),$$

ω homogène et linéaire ou quadratique en x, y, z; ce cas de force centrale s'intègre comme dans le cas du plan auquel il se ramène, d'ailleurs, si l'on tient compte du résultat connu d'avance que la trajectoire est dans un plan passant par le centre d'attraction.

La considération des formes homologues conduit donc, dans l'espace comme dans le plan, à des catégories très générales de mouvements intégrables par quadratures dont les uns, je crois, sont nouveaux, tandis que les autres sont des généralisations de cas connus, mais semblant n'avoir aucun lien les uns avec les autres. Par exemple, on retrouve, comme cas très particulier, celui signalé par M. Appell, pour le mouvement d'un point dans l'espace (*Comptes rendus*, 1877).

CHIMIE. — *Contribution à l'étude chimique des vitraux du moyen âge*. Note de M. G. Chesneau, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'étude des vitraux anciens a été faite d'une façon très complète au point de vue de leur effet décoratif, mais il n'en est pas de même pour leur composition chimique dont on s'est peu occupé jusqu'ici, et il n'a encore été publié, du moins à ma connaissance, d'autre analyse que celle donnée par M. Léon Appert dans son excellente Note *Sur les verres des vitraux anciens* [1]. Une étude semblable offre cependant une réelle utilité, car la comparaison des analyses de vitraux bien datés de diverses provenances permettrait sans doute de préciser les centres de fabrication peu connus du moyen âge et, d'autre part, la connaissance exacte des éléments colorants rend seule possible, en vue de restaurations, la reproduction des teintes particulières à certains verres anciens : je ne crois donc pas sans intérêt de faire connaître les résultats d'analyses que j'ai eu l'occasion d'effectuer sur quelques verres de vitraux provenant de la cathédrale de Reims.

Ces verres, de couleurs variées, faisaient partie de fragments détachés en 1886 par un ouragan de la grande rose du portail occidental, dont la verrière date de la fin du XIIIe siècle. Les morceaux non utilisés dans la restauration et qui m'ont été remis sont au nombre de quatorze, tous de très petite dimension quoique, à peu près intacts. Leur épaisseur, très inégale dans un même morceau, varie de 3^{mm} à 5^{mm}; ils sont recouverts d'un enduit terreux qui rend les verres presque opaques, mais peut

(1) Publiée chez Gauthier-Villars; Paris, 1896.

être enlevé par grattage. Mes analyses ont porté sur quatre verres de couleurs différentes, choisis parmi les plus vifs de ton : un violet, un bleu, un vert et un rouge, les trois premiers colorés dans la masse, le dernier doublé sur une face. En regard des résultats de ces analyses, donnés ci-après, j'ai placé à titre de comparaison l'analyse publiée par L. Appert dans la Note précitée, et faite sur un verre rouge du XIII[e] siècle de provenance non indiquée.

	Vitraux de la cathédrale de Reims.				Verre rouge (L. Appert).
	Violet.	Bleu.	Vert.	Rouge.	
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Silice (SiO^2)	54,30	53,90	48,60	53,50	56,25
Acide titanique (TiO^2)	0,20	0,20	traces	traces	//
Acide sulfurique (SO^3)	//	0,20	//	//	//
Perte au feu	0,30	0,40	0,30	0,40	//
Alumine (Al^2O^3)	4,20	3,90	5,70	3,00	8,15
Chaux (CaO)	12,60	19,30	14,90	17,80	14,35
Magnésie (MgO)	4,70	4,10	5,50	6,10	//
Potasse (K^2O)	18,70	12,20	18,10	15,00	17,30
Soude (Na^2O)	1,30	1,90	1,10	1,80	//
Oxyde de plomb (PbO)	//	traces	//	0,03	//
Oxyde de bismuth (Bi^2O^3)	//	0,02	//	//	//
Métaux colorants :					
Oxyde de cuivre (CuO)	0,02	0,13	1,81	0,13	[non indiqué]
» de cobalt (CoO)	traces	0,25	0,06	//	//
» de nickel (NiO)	0,06	néant	traces	//	//
» de manganèse (Mn^3O^4)	1,85	3,03	2,39	0,86	//
» de fer (Fe^2O^3)	1,20	0,79	1,65	0,84	3,00
Total	99,43	100,32	100,11	99,46	99,05

Tout en présentant quelques différences de composition, les quatre verres de la cathédrale de Reims ont des caractères communs (teneur assez constante en silice, alumine et magnésie) dénotant une même origine, autre que celle du verre analysé par L. Appert, sans magnésie et beaucoup plus alumineux. Porphyrisés, ces quatre verres sont complètement attaqués par les acides forts à chaud, et cependant ils ont convenablement résisté aux agents atmosphériques, car, après grattage de l'enduit, la surface du verre frottée au blanc d'Espagne devient assez brillante.

Au point de vue des éléments colorants, chacun de ces verres donne lieu aux remarques suivantes :

Le verre *violet* contient avec le manganèse à l'état de Mn^2O^3, qui est le colorant principal, de l'oxyde de fer avec des traces de cuivre et de cobalt : ce sont les éléments généralement associés dans les pyrolusites impures, et qui donnent aux vitraux violets du XIII[e] siècle le ton *chair* qu'on n'obtient jamais avec l'oxyde pur de manganèse.

Le verre *bleu* contient les éléments qu'on trouve réunis dans l'arsénio-sulfure de cobalt naturel : il a donc été coloré avec le *safre* obtenu depuis bien des siècles avec ce minerai. On sait que le nickel, qui accompagne presque toujours le cobalt dans ce minerai, donne aux verres bleus une teinte brune et obscure; l'absence de nickel dans le verre analysé, dont la teinte est très belle, montre donc que dès le XIII[e] siècle on savait éviter la présence du nickel dans le safre, en prenant déjà les précautions usitées à cet effet au XVIII[e] siècle dans la préparation du safre en Saxe ([1]). La forte proportion de cuivre semble dénoter qu'un excès en a été ajouté intentionnellement, sans doute pour masquer la nuance violacée de l'oxyde pur de cobalt par le bleu verdâtre du cuivre. La teneur en manganèse paraît anormalement élevée; mais, fondus en atmosphère réductrice, les verres violets de manganèse se décolorent complètement lorsque tout le manganèse est à l'état de protoxyde et donnent même des verres *bleu de lin* en coulant avant réduction complète, comme j'ai eu occasion de le constater : il est possible que les verriers du XIII[e] siècle aient utilisé cette particularité, en même temps qu'ils ajoutaient du cuivre oxydé au safre pour obtenir la teinte spéciale de leurs vitraux bleus.

La teinte du verre *vert* a été obtenue par le mélange habituel d'oxydes de cuivre et de fer, la nuance étant sans doute influencée par la présence d'un peu de cobalt et de beaucoup de manganèse.

Pour le verre *rouge*, la teinte de l'émail extrêmement mince, qui le recouvre sur une face d'une façon très continue, est due à l'oxydule de cuivre, suivant le mode connu de fabrication dont la technique, longtemps perdue, a été retrouvée au début du XIX[e] siècle. Privé de son émail rouge, le verre est d'une couleur vert clair, comme le verre à bouteille ordinaire, dont il rappelle d'ailleurs la composition.

Enfin, il est à noter que la teneur en potasse des verres violet et vert est notablement plus élevée que dans le verre bleu : cela tient sans doute à ce qu'il est nécessaire, pour obtenir le violet de manganèse et le vert de cuivre, d'opérer en atmosphère très oxydante, et qu'on a dû ajouter du nitre à la composition ordinaire du verre pour empêcher l'action réductrice des gaz du four, qui est au contraire indifférente pour la fabrication des verres bleus au cobalt.

([1]) Ces précautions sont minutieusement décrites dans un Mémoire publié à la suite de la traduction de l'*Art de la Verrerie*, de Neri; Paris, 1759.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dioxytriazines. Synthèse de semicarbazides substituées.* Note de M. J. **Bougault**.

Dans deux Notes récentes (¹), j'ai donné une méthode de préparation de dioxytriazines asymétriques et indiqué un certain nombre de leurs propriétés. En particulier, j'ai montré que ces dioxytriazines sont acides et peuvent donner avec les alcools deux séries d'éthers : des monoéthers et des diéthers. La décomposition des monoéthers par les alcalis m'a servi à établir leur constitution. Il se dégage en effet, dans cette réaction, une amine primaire (méthylamine dans le cas des éthers monométhyliques), ce qui conduit à rattacher à l'azote les H acides de la molécule. On écrira donc l'éther monométhylique de la benzyldioxytriazine pris comme exemple :

$$C^6H^5.CH^2.C\overset{6}{}\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup \overset{}{N}_{1} \text{———} \overset{}{NH}_{2} \diagdown \\ \diagdown \underset{5}{CO} — \underset{4}{N}(CH^3) \diagup\end{matrix} \overset{3}{CO}.$$

En complétant l'étude de cette réaction, j'ai observé quelques faits nouveaux qui m'ont amené à un mode de synthèse des semicarbazides alcoylées en (4), en adoptant pour la semicarbazide la notation suivante :

$$\underset{1}{NH^2} — \underset{2}{NH} — \underset{3}{CO} — \underset{4}{NH^2}.$$

I. Lorsqu'on traite l'éther monométhylique de la benzyldioxytriazine par la soude étendue et à l'ébullition, il se dégage, ai-je dit, de la monométhylamine. Dans les produits de décomposition, restés dans la solution alcaline, on trouve un acide fondant à 194°, auquel l'analyse et l'examen de ses propriétés permettent d'attribuer la composition d'une méthylsemicarbazone de l'acide phénylpyruvique

$$C^6H^5.CH^2.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup N — NH — CO — NH(CH^3) \\ \diagdown CO^2H\end{matrix}$$

Sa formation se comprend aisément par l'hydratation et l'ouverture de la chaîne triazinique en (4, 5).

Cette méthylsemicarbazone, traitée par HCl concentré à froid, donne de l'acide phénylpyruvique et du chlorhydrate de (4) méthylsemicarbazide.

C'est sur cette suite de réactions qu'est basée la nouvelle méthode de

(¹) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 83 et 631.

synthèse des semicarbazines alcoylées en (4). Toutefois l'emploi des alcalis libres pour l'hydratation des monoéthers est peu recommandable à cause de l'action décomposante qu'ils exercent sur la semicarbazone substituée, en dégageant la base primaire (méthylamine dans l'exemple choisi); il est plus avantageux d'utiliser les carbonates alcalins en compensant leur action plus lente par une ébullition prolongée.

II. Trois monoéthers de la benzyldioxytriazine ont été ainsi traités : les éthers méthylique, éthylique et benzylique. Les deux premiers ont donné respectivement une méthylsemicarbazone (p. f. 194°) et une éthylsemicarbazone (p. f. 141°) de l'acide phénylpyruvique. Quant au troisième, il a fourni, dans des conditions cependant identiques, deux benzylsemicarbazones isomères que la solubilité très différente de leurs sels de sodium a permis de séparer. Pour les distinguer, j'appelle α-benzylsemicarbazone (p. f. 168°) celle dont le sel de sodium est soluble dans l'eau, et β-benzylsemicarbazone (p. f. 170°), celle dont le sel de sodium est très peu soluble dans l'eau. Leurs points de fusion sont, comme on le voit, très voisins, mais le mélange des deux fond déjà vers 140°.

III. On peut, à partir de ces semicarbazones substituées, obtenir les alcoylsemicarbazides correspondantes, par l'action de l'acide chlorhydrique concentré et froid. Après 3 jours de contact on ajoute de l'eau, on filtre pour séparer la semicarbazone non décomposée et l'on épuise à l'éther pour enlever l'acide phénylpyruvique. La solution chlorhydrique est alors neutralisée par le carbonate de sodium, puis distillée à sec dans le vide. On reprend le résidu par l'alcool absolu et, après filtration, on distille ce dernier; le nouveau résidu est traité par le chloroforme qui dissout l'alcoylsemicarbazide et l'abandonne par évaporation.

On peut vérifier en recombinant l'alcoylsemicarbazide avec l'acide phénylpyruvique qu'on retrouve bien la semicarbazone substituée dont on est parti.

Les deux benzylsemicarbazones de l'acide phénylpyruvique donnent exactement les mêmes produits de décomposition. Lorsqu'on recombine, avec l'acide phénylpyruvique, la benzylsemicarbazide, obtenue avec l'une ou l'autre de ces benzylsemicarbazones, on obtient, dans les deux cas, la même benzylsemicarbazone, l'isomère α.

IV. Ces diverses alcoylsemicarbazides sont des corps cristallisés qui paraissent assez stables. La méthylsemicarbazide fond à 112°; la benzyl-

semicarbazide, à 111°; l'éthylsemicarbazide, au-dessus de 100°, je ne l'ai pas obtenue assez pure pour fixer avec sûreté son point de fusion.

Elles sont très solubles dans l'eau et l'alcool, solubles également dans le chloroforme et très peu solubles dans l'éther. Elles donnent des chlorhydrates bien cristallisés, solubles dans l'eau et dans l'alcool.

Elles semblent se comporter vis-à-vis des aldéhydes et des cétones comme la semicarbazide elle-même.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques salicylates basiques.* Note (1) de MM. **Œchsner de Coninck** et **Gérard**.

Nous avons recherché si les acides salicyliques substitués peuvent fournir, comme l'acide salicylique lui-même, des sels basiques du type

$$C^6H^4\left\langle{CO^2 \atop O}\right\rangle M''.$$

D'une manière générale, les acides halogénés ont été préparés par l'action de l'halogène, en quantité théorique, sur la solution sulfocarbonique d'acide salicylique.

L'acide nitrosalicylique a été obtenu par l'action de l'acide nitrique fumant mélangé avec de l'acide nitrique ordinaire; réduit par $Sn + 2HCl$, il a fourni l'acide aminé. L'acide sulfoné a été préparé au moyen de l'acide sulfurique fumant.

Bromosalicylate de plomb : $C^6H^3Br\left\langle{CO^2 \atop O}\right\rangle Pb + H^2O$. — On traite la solution étendue du bromosalicylate de baryum par l'acétate de plomb, et on laisse le précipité au contact de la liqueur pendant plusieurs heures. Calculé : Pb pour 100 = 47,06; trouvé : 46,95. H^2O pour 100 = 4,09; trouvé : 4,14.

Sel dibromé : $C^6H^2Br^2\left\langle{CO^2 \atop O}\right\rangle Pb$. — On traite le dibromosalicylate normal de baryum par l'acétate de plomb. Le précipité est recueilli, essoré, puis placé dans le vide sec. Calculé : Pb pour 100 = 41,33; trouvé : 41,23.

Chlorosalicylate de baryum : $C^6H^3Cl\left\langle{CO^2 \atop O}\right\rangle Ba + H^2O$. — On traite le chlorosalicylate normal de baryum par l'ammoniaque, dans laquelle il est délayé; on laisse en contact pendant 2 à 3 heures. Calculé : Ba pour 100 = 42,16; trouvé : 42,24.

---

(1) Séance du 3 mai 1915.

Aminosalicylate de plomb : $C^6H^3(AzH^2)\left\langle\begin{matrix}CO^2\\O\end{matrix}\right\rangle Pb$. — On traite l'aminosalicylate de plomb normal par l'ammoniaque. Le précipité est rapidement essoré, puis séché dans le vide. Calculé : Pb pour 100 = 57,83; trouvé : 57,90.

Salicylsulfonate basique de plomb : $C^6H^3(OH)\left\langle\begin{matrix}SO^3\\CO^2\end{matrix}\right\rangle Pb + PbO$. — On fait digérer l'acide avec de l'oxyde de plomb fraîchement précipité; on évapore la solution à siccité. On sèche dans le vide. Calculé : Pb pour 100 = 64,09; trouvé : 64,01.

Iodosalicylate de baryum : $C^6H^3I\left\langle\begin{matrix}CO^2\\O\end{matrix}\right\rangle Ba$. — L'iodosalicylate normal de baryum est traité par l'ammoniaque. Le sel est essoré et séché dans le vide. Calculé : Ba pour 100 = 34,40; trouvé : 34,51.

Sel diiodé : $C^6H^2I^2\left\langle\begin{matrix}CO^2\\O\end{matrix}\right\rangle Ba$. — Même préparation que pour le sel monoiodé. Calculé : Ba pour 100 = 26,15; trouvé : 26,22.

Nitrosalicylate de baryum : $C^6H^3(AzO^2)\left\langle\begin{matrix}CO^2\\O\end{matrix}\right\rangle Ba$. — Obtenu par l'action de l'ammoniaque sur le nitrosalicylate normal de baryum. On essore et l'on sèche dans le vide. Calculé : Ba pour 100 = 43,15; trouvé : 43,24.

Salicylate de cuivre anhydre : $C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO^2\\O\end{matrix}\right\rangle Cu$. — On traite le salicylate normal de cuivre par un excès d'éther. On obtient l'hydrate $C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO^2\\O\end{matrix}\right\rangle Cu + H^2O$. En le chauffant vers 97°-98° dans un courant d'azote sec, on enlève la molécule d'eau. Calculé : Cu pour 100 = 31,83; trouvé : 31,75.

Conclusions. — Tous ces sels basiques sont amorphes, insolubles ou à peine solubles dans l'eau, insolubles dans les principaux dissolvants neutres, solubles dans les acides minéraux. Séchés, puis calcinés, ils ne tardent pas à se charbonner. Imprégnés d'humidité, ils dégagent par l'action de la chaleur une odeur très nette de phénol. En prenant comme exemple le sel de cuivre basique, la réaction peut s'exprimer ainsi :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO^2\\O\end{matrix}\right\rangle Cu + H^2O = C^6H^5.OH + CuO + CO^2.$$

Effectivement, on trouve, dans le résidu, de l'oxyde de cuivre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les hydrocarbures saturés du goudron du vide.* Note [1] de MM. **Amé Pictet** et **Maurice Bouvier**, présentée par M. Armand Gautier.

Nous avons poursuivi l'étude des hydrocarbures contenus dans le *goudron du vide* [2]. Cette étude nous a été grandement facilitée par la Société pour l'Industrie chimique, à Bâle, qui a bien voulu distiller à notre intention une tonne et demie de houille de Montrambert (Loire) sous la pression de 15^{mm}-20^{mm} et nous fournir ainsi une soixantaine de kilogrammes de goudron.

Ce dernier a été soumis par nous au traitement décrit dans notre dernière Note, à cette différence près cependant que, pour séparer les hydrocarbures saturés des non saturés, nous avons abandonné la méthode consistant à traiter leur mélange par l'acide sulfurique fumant; elle avait, en effet, l'inconvénient de ne pas permettre la récupération des carbures non saturés, ceux-ci ne pouvant que très imparfaitement être retirés des combinaisons qu'ils forment avec l'acide sulfurique. Nous avons avantageusement remplacé ce procédé par celui d'Edeleanu, qui est utilisé, comme on le sait, dans le raffinage des pétroles bruts, et qui consiste à agiter le mélange des hydrocarbures avec de l'anhydre sulfureux liquide. Celui-ci ne dissout que les composés non saturés, qu'on récupère ensuite par simple évaporation ou distillation du solvant.

Appliqué au goudron du vide, ce traitement nous a donné les mêmes résultats.

Nous ne nous sommes occupés jusqu'ici que de la partie insoluble dans l'acide sulfureux.

Sa distillation fractionnée à la pression atmosphérique nous a fourni quatre nouveaux composés bien définis qui, ajoutés à ceux que nous avons précédemment décrits ($C^{10}H^{20}$ et $C^{11}H^{22}$), portent à six le nombre des hydrocarbures liquides retirés jusqu'ici du goudron du vide.

Tous ces hydrocarbures possèdent la même composition centésimale, correspondant à la formule générale C^nH^{2n}. Nous avons déterminé leurs poids moléculaires par cryoscopie dans le benzène. Ils forment une série homologue continue. Leur indifférence vis-à-vis du brome et du perman-

(1) Séance du 3 mai 1915.

(2) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1436.

ganate les caractérisant nettement comme composés saturés; ils doivent être regardés comme appartenant à la série cyclique. Ce sont probablement des homologues du cyclohexane. Leur constitution n'a toutefois pu être déterminée exactement que pour deux d'entre eux : le carbure $C^{10}H^{20}$, déjà décrit, qui est un *hexahydrodurène*, et le carbure nouveau C^9H^{18}, qui doit être considéré comme un *hexahydromésitylène* (il fournit le dinitromésitylène lorsqu'on le traite par l'acide nitrique).

Les principales propriétés physiques de ces hydrocarbures sont les suivantes :

Formule.	Point d'ébullition sous 730mm.	Densité.	Indice de réfraction à la même température.
C^9H^{18}	135°-137°	0,7590 à 20°	1,4212
$C^{10}H^{20}$	160-161	0,7680 à 20	1,4272
$C^{10}H^{20}$	172-174	0,7765 à 23	1,4196
$C^{11}H^{22}$	189-191	0,7838 à 22	1,4234
$C^{12}H^{24}$	211-213	0,7862 à 21	1,4293
$C^{13}H^{26}$	227-229	0,7953 à 20	1,4379

Nous avons, comme précédemment, comparé les propriétés de ces hydrocarbures de la houille avec celles des hydrocarbures du pétrole. Ici encore, nous avons pu constater une concordance presque complète avec des carbures que Mabery (¹) a retirés des pétroles du Canada et de Californie. On s'en convaincra en comparant les chiffres du Tableau précédent avec ceux que donne Mabery et que nous reproduisons ici :

Formule.	Point d'ébullition.	Densité. à 20°.	Indice de réfraction.
C^9H^{18}	135°	0,7591	»
$C^{10}H^{20}$	172°-174°	0,7770	1,4149
$C^{11}H^{22}$	189°-191°	0,7832	1,4231
$C^{12}H^{24}$	212°-214°	0,7857	1,4289
$C^{13}H^{26}$	228°-230°	0,7979	1,444

Il nous semble donc y avoir identité entre les hydrocarbures des deux provenances.

La distillation du goudron du vide ne peut être poussée à la pression atmosphérique que jusqu'à 240°; au delà de cette température il y a décomposition. Mais en continuant l'opération sous pression réduite (15mm), nous avons pu obtenir encore une quantité importante de produit. Ces fractions

(¹) *Journal of the American Society*, t. 19, p. 470; t. 25, p. 267-276; t. 33, p. 264.

supérieures se solidifient partiellement par refroidissement. Nous avons pu, par un lavage à l'acétone froide, en séparer les parties solides, et, par cristallisation répétée de celles-ci dans le même dissolvant, obtenir de belles aiguilles incolores, fusibles à 62°-63° et possédant, à 25°, une densité de 0,9128. L'analyse et la cryoscopie leur assignent la formule $C^{30}H^{60}$. Cet hydrocarbure solide est saturé et appartient donc à la même série que les précédents.

Nous avons constaté la présence de ce même carbure $C^{30}H^{60}$ dans le produit direct d'extraction de la houille au moyen du benzène bouillant. Il préexiste donc dans la houille, et ne se forme point pendant sa distillation,

Il se trouve également dans certains pétroles; nous avons pu le retirer en quantités assez considérables de la paraffine du pétrole de Galicie.

Enfin, chose curieuse, il est identique au *mélène* que Brodie ([1]) a obtenu en 1849 en soumettant la cire d'abeilles à la distillation sèche.

Un examen comparatif très minutieux des produits de ces quatre provenances nous a démontré leur complète identité.

MINÉRALOGIE. — *Sur la rhodusite et l'abriachanite.* Note ([2]) de M. G. Murgoci.

En essayant de classer les amphiboles bleues, j'ai constaté que, dans les différentes séries d'amphiboles sodiques, riches en sesquioxydes, les propriétés optiques varient en même temps que le rapport $Fe^2O^3 : Al^2O^3$. J'ai démontré surtout dans la série de la glaucophane que pour

$$m\,Fe^2O^3 : n\,Al^2O^3 = 1:2$$

la glaucophane devient uniaxe, $n_g = n_m : c = 10°$ environ; pour le même rapport $\geqq 1$, le plan des axes optiques devient perpendiculaire à $g^1(010)$, le signe optique est toujours négatif, $n_m : c = 16 - 30°$. L'intensité du pléochroïsme, l'absorption, l'angle d'extinction, la dispersion et même la densité varient en même temps que ce rapport et dans le même sens. J'avais admis alors, comme termes les plus ferrugineux de la série des glaucophanes, la *rhodusite* et l'*abriachanite*, amphiboles fibreuses d'un bleu violacé plus ou moins foncé, dépourvues de Al^2O^3 ou très pauvres en

([1]) *Liebigs Annalen*, t. 71, p. 156.
([2]) Séance du 3 mai 1915.

cet oxyde; leurs propriétés optiques étaient alors à peu près inconnues. H.-B. Foullon attribuait, à la rhodusite, le pléochroïsme de la glaucophane (sans les nuances violettes) et une extinction à 4° dans les échantillons de couleur claire, qui se comportent au chalumeau comme la glaucophane.

J'ai cherché dans toutes les collections de Vienne les échantillons originaux de cette *rhodusite*, mais je n'ai pu trouver que trois sections minces (au geol. Reichsanstalt). Deux d'entre elles sont constituées par une glaucophane presque uniaxe (mont Pyrgo); la troisième, portant l'étiquette *Rhodusit Sklipia, J. Rhodus, glaucophanartige Hornblende*, est une glaucophane en fibres ondulées et enchevêtrées; l'allongement est positif (?) avec $c =$ vert bleuâtre; transversalement $b =$ gris violacé pâle, et $a =$ jaune verdâtre. L'extinction, qni va jusqu'à 8°, est difficile à déterminer sur g^1(010) à cause de la grande dispersion et de l'enchevêtrement des fibres. Le plan des axes optiques est dans le sens de l'allongement des fibres; mais, à cause de la texture et de la dispersion, il m'a été impossible de déterminer avec précision l'orientation et la position de la bissectrice aiguë, qui paraît être positive. Les sections à pléochroïsme bleu gris violacé montrent, entre les nicols croisés, le jaune clair de premier ordre (pour une épaisseur d'environ $0^{mm},03$).

A l'exception du signe de l'allongement (que peut-être j'avais mal observé), cette amphibole est semblable à la crocidolite de Wackenbach, étudiée par M. A. Lacroix. La composition de celle-ci, en faisant à l'ancienne analyse de Delesse la correction du Fe^2O^3 qui n'a pas été séparé du FeO, est très rapprochée de celle de la rhodusite. L'extinction dans les sections minces montre $n_p : c$ jusqu'à 25° : plan des axes optiques parallèle à g^1(010), 2E (95°) grand autour de la bissectrice positive; dispersion puissante; pléochroïsme du glaucophane.

Très semblable à la crocidolite de Wackenbach, quant à la composition chimique ainsi qu'aux propriétés optiques, est l'amphibole de Minussinsk, étudiée par M. P. Tschirwinsky et M. W. Isküll sur laquelle j'ai mesuré un angle d'extinction $n_p = c$ jusqu'à 15° (coll. du Muséum).

La crocidolite de Perkin's Mill (Templeton, Canada) possède les mêmes propriétés optiques, mais elles sont plus faciles à déterminer. M. A. Lacroix donne l'extinction $n_p : c = 20°$ (mais elle monte jusqu'à 30°); $2E = 95°$ environ, $n_g - n_p = 0,025$, signe optique positif; grande dispersion des bissectrices. Il n'y a pas d'analyse chimique; peut-être cette amphibole se rapproche-t-elle un peu de l'imerinite, amphibole nouvelle, décrite par M. A. Lacroix, semblable aux glaucophanes, mais pauvre en sesquioxydes. De même, se place ici une crocidolite de l'ouest d'Ambositra (Madagascar) avec un pléochroïsme prononcé, l'extinction $n_p : c$ jusqu'à 30°; 2E très grand, signe optique ±.

L'*abriachanite* (Loch Ness) est aussi une glaucophane ferrique et un peu alumineuse à allongement négatif, mais avec le plan des axes optiques perpendiculaire à g^1(010). J'ai déterminé le pléochroïsme plus foncé et l'absorption de la glaucophane : $c =$ bleu lavande ; $b =$ violet sale ou grisâtre ; $a =$ jaune paille ou de miel. L'angle d'extinction $n_p : c$ jusqu'à 20°,

difficile à déterminer à cause de la dispersion croisée, 2 E très grand autour de la bissectrice n_p.

L'abriachanite de Golling, étudiée par M. A. Lacroix, par MM. C. Hlawatsch et Doht, de composition chimique très rapprochée, a l'extinction $n_p : c = 11°$ environ, 2 E très grand, signe optique parfois positif, parfois négatif.

C'est dans le même groupe qu'on doit placer la *tschernichevite* de MM. Duparc et Pearce, avec la même orientation optique $n_p : c = 4°$, $n_g = b$ et le même pléochroïsme à coloration plus foncée; malheureusement nous n'en avons pas l'analyse chimique.

Mes déterminations me font penser que les crocidolites de Spanish Peak (Cal.), de Rosita Hill (Color.) et probablement la « riebeckite » des syénites de Michigan, décrites par M. Lane, sont des abriachanites.

D'après l'analyse chimique, l'allongement négatif et le pléochroïsme, la « riebeckite » des schistes verts de Lavatera, etc. est toujours de l'abriachanite, quoique M. P. Cornelius donne l'orientation $n_m = b$. Si ce n'est pas une erreur, il s'agit d'une rhodusite, mais l'analyse, la densité et le pléochroïsme intense ne sont pas favorables à cette hypothèse. De même, l'amphibole de Saint-Véran, décrite par M. Termier comme riebeckite et rapprochée par M. A. Lacroix de la tschernichevite d'après ses propriétés optiques, doit bien être rapportée au groupe de l'abriachanite.

La crocidolite d'Igaliko (Grönland) est une abriachanite avec angle d'extinction $n_p : c = 15°$, mais celle du Griqualand est probablement une rhodusite avec $n_p : c$ jusqu'à 20°, bleu verdâtre, signe optique positif, $n_m = b$, bleu gris.

En résumé, la rhodusite et l'abriachanite sont les termes ferriques extrêmes de la série de la glaucophane; elles sont plus ferriques que la crossite, comme je l'avais supposé autrefois. Il est à remarquer que, dans cette série, comme dans celle de la riebeckite, il existe deux termes : l'un, la rhodusite, avec le plan des axes optiques parallèle à $g^1(010)$, comme dans la riebeckite; l'autre, un peu alumineux, avec ce plan perpendiculaire à g^1, comme dans l'osannite; on peut désigner ces derniers types sous le nom d'abriachanite, en y comprenant la tschernichevite.

MINÉRALOGIE. — *Sur les minerais de fer d'origine ignée de la Grèce orientale et sur leurs transformations.* Note de M. **Const. A. Kténas.**

On connaît dans la Grèce orientale (Attique, Béotie, Locride, île d'Eubée, île de Skyros) plusieurs gisements de minerais de fer qui ont pris un développement économique considérable.

Ces gisements présentent un intérêt théorique spécial au point de vue de la genèse et de la structure; ils proviennent de la décomposition d'amas de magnétite et d'hématite chromifères et nickélifères; ceux-ci constituent

des gîtes d'inclusion dans des péridotites. L'altération a donné naissance à une formation de minerais de fer *en grains* et à celle de sécrétions latérales nickélifères.

L'origine ignée de la substance primitive se manifeste tant par le mode du gisement et de l'association lithologique que par la constitution minéralogique; les gîtes sont intimement liés aux péridotites; celles-ci appartiennent à la *harzburgite* et la *dunite*, le plus souvent serpentinisées. Les amas se développent ordinairement au contact de la péridotite et des formations sédimentaires, près desquelles a eu lieu la cristallisation (1). D'autre part, ces gîtes peuvent atteindre des dimensions considérables; à Larymna (entre Béotie et Locride) par exemple, on a affaire à un dyke, dont la longueur dépasse 6^{km} et dont la puissance varie entre 3^{m} et 15^{m}.

La composition minéralogique originelle, conservée exceptionnellement à Palacomylos et à Dentri, comprend de la *magnétite titanifère et nickélifère* et de l'*hématite* compacte ou scoriacée; la présence de *spinellides chromifères* (et aussi du pléonaste?) caractérise en outre ces concentrations magmatiques, qui parfois ont pénétré dans le calcaire supracrétacé lui-même.

L'altération, tandis qu'elle laisse intacts les spinellides, dont la teneur en chrome diminue la valeur économique des minerais, donne à ceux-ci un aspect tout différent.

De petits grains de limonite, quelquefois à surface vernissée, et en proportions variables, sont disséminés dans une pâte compacte composée des différents hydrates de fer et d'alumine (2), et mêlée avec des produits siliceux cristallins ou colloïdaux. Cette altération ne se borne pas à la surface, comme c'est le cas connu jusqu'à présent dans tant de gisements; *elle atteint ordinairement les gîtes dans toute leur épaisseur;* c'est ainsi que le dyke de Larymna est transformé jusqu'à la profondeur exploitée, c'est-à-dire plus de 400^{m} de son point culminant à la surface.

Je vois dans le développement considérable vers la profondeur de cette

---

(1) Ces formations appartiennent au système supracrétacé (Deprat, *L'île d'Eubée;* Kténas, *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 697) et infracrétacé (?), qui sont séparés du calcaire et de la dolomie inférieure à *Megalodon* d'un système schisteux (jurassique?); dans celui-ci ont pénétré les péridotites *en métamorphisant le calcaire crétacé*. Renz a soutenu dernièrement (*Neues Jahrbuch für Mineralogie*, etc., Beilage B. 38, 1914, p. 1) que le massif calcaire inférieur de Locride comprend aussi des dépôts jurassiques.

(2) Des analyses en cours permettront de déterminer le degré d'hydratation de ces hydrates de fer et d'alumine.

altération, vu le climat tempéré de la région, *une particularité* de ces gîtes de la Grèce orientale; quant au mécanisme de la transformation, je lui applique l'opinion émise par M. A. Lacroix, au sujet de la formation des pisolites ferrugineux dans la cuirasse de la décomposition latéritique de la Guinée (¹). Ces concrétions se sont formées *in situ* par une décomposition spéciale, *causée par l'altération simultanée des substances serpentineuses qui y sont mélangées;* il est donc inexact d'admettre une formation pareille à celles des oolithes des assises secondaires de l'Europe centrale.

L'altération donne naissance en outre à des sécrétions nickélifères (surtout à Larymna), composées d'hydrosilicates de nickel et de magnésie (*garniérite*, *nouméite ?*) dont la teneur en Ni O dépasse parfois 25 pour 100. Les minéraux nickélifères sont liés aux substances serpentineuses *par l'intermédiaire des minerais en grains;* ceux-ci, aussi bien que la magnétite dont ils proviennent, contiennent toujours des quantités minimes de nickel. Dans les gisements de la Nouvelle-Calédonie, l'olivine est probablement le porteur du nickel, tandis qu'à Larymna et à l'île de Skyros les sécrétions vertes ne se présentent qu'en relation avec les minerais de fer.

GÉOLOGIE. — *Sur la part qui paraît revenir aux phénomènes mécaniques dans l'élaboration des roches cristallophylliennes.* Note (²) de M. **Stanislas Meunier.**

Le facteur dominant de l'élaboration des roches cristallophylliennes m'apparaît comme n'étant autre chose que le moteur même de l'évolution souterraine tout entière, c'est-à-dire l'effort mécanique subi par la croûte, en conséquence de la contraction continue du noyau planétaire, en voie de refroidissement spontané. C'est ce facteur qui ajoute aux traits de la composition chimique et minéralogique des gneiss et des roches congénères, les particularités si caractéristiques et jusqu'ici inexpliquées de leur structure.

On sait que le gneiss se présente comme le dernier terme d'une évolution minéralogique des roches sédimentaires comprenant les divers états

(¹) *Les latérites de la Guinée* (*Nouvelles Archives du Muséum*, 5ᵉ série, t. 5, 1913, p. 341).

(²) Séance du 3 mai 1915.

du métamorphisme. Cette roche type se signale avant tout, malgré son âge très variable et qui peut être très récent (permien ou peut-être même triasique), par le contraste de sa prodigieuse uniformité dans les régions les plus distantes, avec la diversité illimitée des matières premières d'où elle dérive. Pour l'expliquer, il faut admettre que, dans le laboratoire souterrain qui l'a produite, certains éléments des assises sédimentaires ont été éliminés et sans doute ramenés vers la surface, étant solubles ou délayables, et que les autres, en partie au moins à l'état solide, ont été intimement mélangés, ce qui suppose des déplacements de toutes les amplitudes. Il faut aussi accepter que les particules, ainsi rapprochées et associées, ont été cimentées les unes avec les autres par une matière conjonctive, généralement quartzeuse, et qui se montre clastique, en allumant une mosaïque très fine entre les nicols croisés.

D'ailleurs, pour que la théorie soit valable, il faut de toute nécessité qu'elle satisfasse à une condition d'importance maîtresse et qui cependant ne paraît guère être intervenue dans les préoccupations des lithologistes : c'est que le mode de genèse des roches cristallophylliennes soit conciliable, sans le moindre désaccord, avec ce que nous commençons à savoir du régime des profondeurs, et, par conséquent, qu'il n'y ait pas contradiction entre ce chapitre lithogénique et le chapitre orogénique qui lui est connexe.

Or le point de vue que je désire résumer en quelques mots semble satisfaire à toutes ces exigences. Il consiste à croire que les phénomènes mécaniques — d'où résultent, comme produits les plus visibles, les refoulements des grandes lames de charriage, — ont dans la substance des roches des contre-coups internes, de toutes les dimensions jusqu'à celle des fissures microscopiques qui forment des réseaux inextricables au travers de tous les minéraux qui nous occupent. Ces fissures s'offrent en effet à la circulation incessante de fluides minéralisateurs (eau suréchauffée et principes dissous) dont le sol est imprégné jusqu'à de grandes profondeurs et qui alimentent, de leurs filets refroidis et appauvris des matières peu solubles, les griffons des sources thermales.

On s'imagine la série des vicissitudes dont le tissu géologique est le siège : et l'on ne peut lui refuser une intime ressemblance avec la manière d'être des tissus organiques. Le magma, c'est-à-dire le mélange des minéraux en voie d'élaboration avec leurs minéralisateurs, est à chaque instant craquelé, et, dans ses fissures, qui en s'élargissant écartent progressivement des fragments précédemment contenus dans des masses continues, un véritable

plasma minéral se modifie d'après l'état des réactions ambiantes et, tout en circulant dans les capillaires inorganiques, en arrache certains éléments et y dépose en échange, par une sorte d'intussuception, la substance conjonctive dans laquelle les débris cristallins sont empâtés dans des situations quelconques.

C'est seulement par l'intervention de ce mécanisme de broyage et de rebroyage, alternant avec des cimentations et des recimentations, qu'on peut comprendre la structure des roches que nous avons en vue. Ce qui frappe dans les lames minces, c'est l'état essentiellement fragmentaire des minéraux constitutifs. Le feldspath et le mica sont à l'état d'éclats de clivage, souvent d'une admirable netteté de contours, qui montre qu'ils n'ont été ni refondus ni corrodés. Le quartz y est sous deux formes principales : 1° en morceaux de cristaux évidemment très écartés des portions de roches initiales dont ils ont été détachés depuis leur cristallisation, et 2° en plages parfois très larges reliant ensemble les autres minéraux et se révélant elles-mêmes, entre les nicols croisés, comme formées de granules diversement orientés, sans formes définies. Le tout, répétons-le, traversé d'innombrables fissures enchevêtrées et résultant de la plus intime des cataclases.

Avec les fragments de cristaux, se présentent parfois des morceaux de roches déjà très complexes, comme la micropegmatite, la microgranulite, la microperthite, etc., et qui font un acheminement vers les granites, les gneiss à enclaves de dimensions sensibles à l'œil nu, puis de plus en plus considérables. Et nulle part il n'est loisible de tracer une limite séparative entre ces phénomènes si intimes et le majestueux déplacement en masse, le long des grandes géoclases, des plus volumineuses lames de charriage.

GÉOLOGIE. — *Études sur les formations tertiaires du bassin de la mer de Marmara. Sur la distribution des faciès dans les différents étages du Tertiaire; aperçu sur la tectonique de la région.* Note de M. N. **Arabu**, présentée par M. H. Douvillé.

J'ai montré, dans une précédente Note, que l'Oligocène des collines du Tekir Dagh, au nord de la mer de Marmara, développé sous un faciès de géosynclinal, s'est déposé sur l'ennoyage local d'une chaîne qui unissait autrefois le Rhodope au Cristallin du nord-ouest de la Troade par-dessus la mer actuelle.

D'autre part, dans la même région, les grès oligocènes se continuent vers

le haut par des marnes et grès en bancs épais, série très semblable au Schlier des Carpathes. Vers la même époque les eaux gagnaient de l'espace vers l'est se reliant à la mer vindobonienne de l'Europe orientale et le bassin de la mer de Marmara acquiert ainsi une configuration très peu différente de l'actuelle.

C'est un fait très remarquable que le développement, sous ce faciès de sédimentation rapide, de deux importants termes du Tertiaire au centre du bassin, mais ce faciès n'est pas limité à ces étages; il envahit aussi le Sarmatien.

En effet, tandis qu'aux environs de Constantinople celui-ci n'atteint pas 200^m d'épaisseur, il dépasse 400^m près des Dardanelles; il semble avoir été plus développé encore, sur le versant Sud du Tekir Dagh où en tout cas il est développé sous des faciès particuliers; ainsi, près du village Hora, où il surmonte le Schlier, il est constitué par des grès et marnes blanchâtres avec d'innombrables opercules de Bithynies et des *Mactra* très voisines de la *M. fragilis;* dans d'autres localités il se présente sous des faciès de grès et de sables à grosses boules ou des dalles de grès, qui rappellent certains faciès du Schlier et du Flysch.

Ainsi donc, tandis que sur les bords du bassin les différents termes du Tertiaire se présentent sous des faciès littoraux, peu épais, riches en fossiles, au centre, ils sont représentés par des faciès de géosynclinal, très épais, monotones, où les fossiles sont très rares et mal conservés. Il est nécessaire de faire encore des réserves quant à l'âge relatif des faciès appartenant à la même grande coupure stratigraphique.

En rapprochant ces faits de celui de l'existence, depuis longtemps constatée, de bas-fonds dépassant 1000^m de profondeur, alignés suivant l'axe de la mer de Marmara actuelle, on peut conclure que ce remarquable sillon est très ancien. Ce n'est pas l'idée que se font en général les auteurs; suivant M. Montessus de Ballore, il représenterait un trait récent de la topographie sous-marine, et aurait été creusé par le flux de la Méditerranée quaternaire, s'ouvrant avec violence un chemin vers la mer Noire.

En dehors des considérations topographiques qui s'opposent à cette idée, il résulte des faits exposés plus haut, que l'origine tectonique de ce sillon est bien plus probable; on le comprend beaucoup mieux comme un reste ou une résurrection du géosynclinal ancien.

Toute cette série épaisse de grès tertiaires est plissée; dans l'ensemble, ce sont des plis dirigés vers l'E-NE accompagnés de failles et de chevauchements; c'est une région de grandes écailles imbriquées vers le SE. Le plissement joint à l'uniformité des faciès ne permet que difficilement de préciser les limites de distribution dans l'espace de

chaque terme; pourtant si l'on considère le petit massif Tekir Dagh où le Schlier est localisé sur le versant méridional de la chaîne et s'étend au Sud jusqu'à la mer, tandis que la ligne de faîte est formée par le Flysch et que, d'autre part, à peu de distance du rivage, la sonde descend à 1000^m de profondeur, on peut en déduire un déplacement du géosynclinal vers le Sud, à mesure qu'au Nord il se comblait de sédiments.

Des faits analogues ont été constatés par M. Mrazec dans les Carpathes, où de même tous les termes du Tertiaire sont développés sous des faciès de géosynclinal; or là aussi on constate un déplacement de son axe vers l'extérieur de l'arc montagneux, à mesure que vers l'Ouest il se comblait de sédiments; sous l'effort des mêmes poussées se produit à l'Ouest l'empilement des nappes du Flysch, tandis qu'à l'Est se continue, dans le sillon déplacé, le dépôt du Schlier, puis du Sarmatien, du Pontien, qui l'un après l'autre sont atteints par le plissement.

Sans pousser plus loin des analogies d'autant plus faciles à découvrir que la géologie de la Thrace est encore peu connue, je noterai tout de suite une grande différence quant à l'âge de ces plis.

Il existe en Thrace, comme aussi au delà de la mer en Asie Mineure, des traces nettes de plissements pyrénéens, connus d'ailleurs dans les régions voisines, en Grèce notamment; l'Éocène qui se termine en Thrace par un horizon de grès priaboniens, à *Nummulites Fabianii*, est plissé avec les formations antérieures; ces plis traversent, avec une direction SE, l'emplacement actuel de la mer; toutes les cartes géologiques montrent assez bien ce fait, particulièrement visible dans la Thrace orientale, où de longues crêtes de calcaires éocènes traversent le détroit miocène de Derkos-Tschataldja; ils sont moins évidents au sud-est du Rhodope, région qui d'ailleurs n'a pas été revisée depuis longtemps, mais ils sont par contre très clairs au nord-ouest de la Troade. Des deux côtés de la mer de Marmara ce sont les mêmes roches anciennes qui affleurent: quartzites, phyllites et gneiss à pointements de granite associés à des calcaires cristallins et des serpentines; or les calcaires éocènes les suivent partout, avec les mêmes directions, en général normales par rapport au grand axe de la mer. Les mêmes calcaires éocènes se retrouvent sous le Flysch oligocène du Tekir Dagh, ils sont ici cassés en écailles se chevauchant vers le Sud-Est, mais leur affleurement en longues traînées, dirigées NW-SE, est inconciliable avec les plis exactement orthogonaux de l'Oligocène et des dépôts plus récents, dans l'hypothèse d'un plissement unique; ce sont comme les débris rompus et déformés d'une montagne plus ancienne reprise dans un plissement plus récent de direction toute différente.

J'ai montré déjà que c'est entre le Priabonien et l'Oligocène que se place ce changement dans la direction des lignes tectoniques de cette contrée;

tous les mouvements ultérieurs se sont produits sensiblement suivant la dernière direction ; et c'est sur cette tectonique qu'est calquée la remarquable topographie de la région.

GÉOLOGIE. — *Les zones plissées intermédiaires entre le Yunnan et le Haut-Tonkin.* Note de M. **J. Deprat**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai exploré, au cours de l'été 1914, la région des grandes vallées qui forme la transition entre le Tonkin et le Yunnan. L'altitude des lignes de crête est élevée (2500 en moyenne à la frontière), remarquablement égale, de sorte que d'un belvédère bien placé (Tsi-con-ling, Kieou-léou-ti) leur parallélisme est frappant; elles représentent les restes du cycle de Tswéi-wéi-chann. Des vallées d'une profondeur énorme, étroites, aux cycles successifs merveilleusement marqués sur leurs flancs, dissèquent profondément cette région de toute beauté où le fond des gorges offre dans un climat humide et chaud la flore tropicale, tandis qu'à partir de 1000^m environ l'air devient sec et frais et qu'apparaissent les forêts de pins.

Trois grandes vallées entaillent cette région entre Lao-kay et Ha-giang : celles du Song-Chay, du Nan-ti et de la Rivière Claire. Les indications que je vais donner portent sur les feuilles de Ha-giang, Pa-kha, Lao-kay et sur le pays chinois du Tong-kai-ho et du Nan-ti.

Entre la Rivière Claire et le Song-Chay s'élève un énorme massif cristallophyllien et granitique, celui de Kieou-léou-ti et du Tsi-con-ling. Les granites y sont écrasés, les gneiss ont subi des déformations remarquables, nettement postérieures à leur consolidation, car le microscope montre les cristaux brisés, les micas pliés. Suivant une ligne dirigée à peu près SO-NE, des terrains sédimentaires paléozoïques métamorphiques s'appuient contre ce massif, pourvus en général d'une faible pendage vers le nord-ouest; le bassin du Song-Chay est sculpté dans ces formations. Vers le sud les axes des plis de ces formations s'infléchissent vers le sud-sud-est, vers Pakha et au sud, à l'ouest de Lao-kay; au contraire, ils passent en Chine en gardant l'orientation NE; ils dessinent ainsi un arc autour du massif cristallophyllien en question.

Du massif du Kiéou-léou-ti au Nan-ti, sur près de 60^{km} de largeur, par places, cet arc immense de terrains paléozoïques (Silurien-Dévonien-Carbonifère) offre une succession d'énormes écailles empilées les unes sur les

autres, séparées par des lits de brèches où sont juxtaposés pêle-mêle des éléments de toute grosseur. La plupart de ces écailles finissent en biseau à leur origine, sans enracinement, comme le montrent les innombrables et profondes coupures d'érosion. Et sur toute la largeur du pays occupé par ces terrains, la même structure se répète ininterrompue; puis à mesure qu'on approche du Nan-ti, les écailles s'incurvent peu à peu vers la verticale et dans la vallée du Nan-ti, tous les plongements deviennent verticaux; cette région du Nan-ti est un pays de racines. Ces racines s'enfoncent sous le Yunnan triasique et paléozoïque. En prenant, par exemple, une coupe de Mi-la-ti du Yunnan jusqu'au Kieou-léou-ti on aura la succession suivante : une zone de plis fortement accusés formée de Carboniférien et de Dévonien fossilifères; puis, près de Lou-kou-tchai, se dégagent aux abords du Nan-ti les racines des écailles de la région précitée, qui, d'abord verticales, se couchent en s'empilant vers le Sud-Est dans les régions de hauts sommets; puis sur 50^{km} à 60^{km} de largeur ces conditions restent les mêmes jusqu'aux grands massifs cristallophylliens sur lesquels le pays des nappes du Nan-ti et du Song-Chay s'est empilé en les écrasant. Il y a une dissemblance absolue entre les terrains paléozoïques des plis yunnanais et ceux des écailles de la région Nan-ti-Song-Chay; les terrains yunnanais sont disloqués, mais jamais écrasés; les terrains du Nan-ti et du Song-Chay sont uniformément laminés en écailles amygdaloïdes et en lames de brèches. Je me bornerai dans cette Note à ces indications générales qui trouveront ailleurs leur développement complet.

La conclusion essentielle à laquelle m'amènent maintenant ces observations est la suivante. Je suis en mesure de dresser une coupe générale depuis le pays sseu-tchoanais situé au nord de la grande boucle du Kin-cha-kiang jusqu'au littoral pacifique du golfe du Tonkin et ceci donne la succession de zones suivantes : au nord du Kin-cha-kiang, j'ai montré ailleurs qu'une grande masse charriée que j'ai appelée masse du *Kiao-ting-chan* chevauche, en s'avançant vers le Sud, ce que j'ai appelé l'*arc yunnanais*. La branche orientale de l'arc yunnanais accompagnée de la partie chinoise du *faisceau sino-annamitique* est plissée vivement en plis déversés vers l'Est-Sud-Est, souvent accompagnés de charriages locaux. Toute cette vaste zone qui forme le Yunnan jusqu'au Nan-ti chevauche à son tour *la zone des plis du Song-Chay et du Nan-ti* formée d'une masse d'écailles et de brèches empilées. Cette zone à son tour passe au Sud à une région de plis couchés, bouleversés, qui, dans la région de la basse Rivière Noire et du

Delta, passe à une série d'écailles qui chevauchent largement la région mésozoïque tonkinoise avoisinant la mer. Ainsi, sur près de 1200^{km} de largeur, on peut considérer trois bandes relativement étroites formées d'écailles superposées, écrasées, chacune précédée d'une large zone plissée dont elle semble représenter la bordure, et du haut Fleuve Bleu au Pacifique, tous les plis et toutes les masses charriées sont poussées vers le grand Océan, les plus élevées stratigraphiquement étant les plus continentales. Dans cette succession magnifique de zones charriées, tout nous a été conservé, les masses écrasées et les masses écrasantes, les racines et les écailles, et grâce à l'épaisseur colossale de ces chaînes s'étendant des régions tibétaines à la mer, cet immense tableau se développe en montrant ces Alpes successives qui se relaient du *toit du monde* aux abîmes du grand Océan.

ANTHROPOLOGIE. — *Anthropométrie comparative des populations balkaniques.* Note de M. **Eugène Pittard**, présentée par M. A. Laveran.

Cinq voyages de longue durée dans la péninsule balkanique m'ont permis d'effectuer des recherches suivies sur l'anthropologie de cette importante région, dont les éléments humains sont encore très peu connus. Beaucoup de nos documents proviennent de la Dobroudja, cette « mosaïque ethnique » dont parlait déjà Élisée Reclus, dans laquelle sont rassemblées des colonies nombreuses de toutes les populations de la péninsule des Balkans et de l'Asie antérieure.

Mes séries sont toutes composées d'une quantité suffisante d'individus pour que les résultats obtenus puissent être considérés comme acquis à l'Anthropométrie comparative. Je n'exposerai ici que ce qui concerne les populations européennes [1].

I. *La taille et ses segments.* — La péninsule des Balkans ne renferme aucune population dont la taille moyenne puisse être classée parmi les petites tailles. Tous les hommes qui habitent cette région ont une stature au-dessus de la moyenne. Ce sont les Serbes qui paraissent être les plus grands (1709^{mm}, 1), puis viennent les Turcs (1679^{mm}), les Albanais (1678^{mm}), les Grecs (1670^{mm}, 4), dont la taille moyenne dépasse 1670^{mm}. Après eux se

[1] Je laisse de côté la Bosnie-Herzégovine (assez bien connue) et le Monténégro (à propos duquel je n'ai que peu de documents) et j'ajoute aux Européens balkaniques les Tatars qui habitent la péninsule depuis plusieurs siècles.

rangent les Bulgares (1667mm), les Tatars (1657mm) et les Roumains (1656mm).

Pour ce qui concerne la péninsule balkanique dans son ensemble, on constate que la proportion des statures au-dessus de la moyenne et des hautes statures est de 62,7 pour 100.

La plus grande hauteur relative du buste, comparée à celle de la taille, est celle des Bulgares. Puis viennent, dans l'ordre décroissant, les Albanais et les Tatars, enfin les Serbes et les Turcs.

Le plus grand développement relatif des bras est celui fourni par les Bulgares (103,49), puis viennent les Turcs (103,3), les Albanais (102,6), les Grecs (102,5), les Serbes (102,4), les Tatars (102,3).

II. *Les principaux diamètres du crâne.* — J'indique en un Tableau général les moyennes (en millimètres) de chaque groupe ethnique :

	D. A. P.	D. M.	D. T.	Frontal.	Haut crâne.
Serbes	187,2	186,0	150,5	110,5	119,5
Grecs	187,2	185,4	153,9	112,06	123,4
Bulgares	188,3	186,5	150,1	111,2	123,48
Roumains	185,6	184,1	153,9	114,1	129,9
Albanais	182,9	181,6	159,4	111,07	121,4
Turcs	185,4	182,8	152,3	111,9	125,5
Tatars	185,8	184,2	154,6	112,6	126,4

Les crânes à l'aide desquels ces chiffres ont été obtenus sont, morphologiquement, très différents, ce qui explique les différences parfois étendues des chiffres absolus. Certains groupes sont plus fortement brachycéphales ou plus fortement dolichocéphales que d'autres.

On a calculé les rapports des deux diamètres principaux du crâne à la taille. Voici les résultats obtenus :

Pour le développement relatif du diamètre antéro-postérieur, les plus favorisés sont les Grecs (11,2), les Roumains (11,2), les Bulgares (11,2) et les Tatars (11,2), chez qui le rapport en question est identique. Puis viennent les Turcs (11,04). Les moins favorisés sont les Serbes (10,9) et les Albanais (10,8).

Pour le rapport du diamètre transversal à la taille, ce sont les Albanais qui possèdent le chiffre le plus élevé (9,5) et les Serbes qui possèdent le chiffre le plus bas (8,8). Les autres populations balkaniques se classent de la manière suivante : Roumains (9,3), Tatars (9,3), Grecs (9,2), Turcs (9,07), Bulgares (9).

Si, à l'aide des diamètres exposés ci-dessus, nous essayons de nous rendre compte du développement général du crâne, en fonction de la stature, chez les populations balkaniques, nous trouvons que ce sont les

Roumains et les Tatars qui viennent en tête, puis les Grecs et les Albanais. Ceux-ci sont suivis par les Bulgares et, enfin, par les Turcs et les Serbes.

Quant à la hauteur du crâne, on constate que ce sont les Roumains qui ont le diamètre vertical le plus élevé et les Serbes qui l'ont le moins. On remarquera la place occupée par les Albanais. Ce sont des hommes de haute stature, mais ils ont des diamètres crâniens peu développés.

A l'aide des trois dimensions : longueur, largeur, hauteur du crâne, nous pouvons essayer de calculer un volume approximatif. Les populations de la péninsule des Balkans se rangent dans l'ordre suivant selon la valeur décroissante de ce volume approximatif : 1° Grecs; 2° Roumains; 3° Tatars; 4° Turcs; 5° Bulgares; 6° Albanais; 7° Serbes. Ce sont ici des données en valeurs absolues et non en valeurs relatives calculées à la hauteur de la taille.

L'écaille frontale, mesurée dans son diamètre transversal minimum (la seule mesure possible sur le vivant), montre, dans son développement, des variations assez grandes, dans les populations considérées. Le plus large front est celui des Roumains, puis vient celui des Tatars et, après, celui des Grecs. Les autres peuples se rangent dans l'ordre suivant (valeurs décroissantes) : Turcs, Bulgares, Albanais, Serbes.

Il ne faut pas perdre de vue, à propos de la largeur du crâne, que la forme crânienne influence le développement en largeur de l'écaille frontale. Celle-ci est plus large chez les crânes brachycéphales que chez les crânes dolichocéphales. On remarquera dès lors l'intérêt que présente le chiffre de la largeur frontale chez les Albanais. Ceux-ci sont des Brachycéphales de grande taille et ils ont, cependant, un diamètre frontal minimum qui figure parmi les plus petits. Il semble que, de toutes manières, le crâne des Albanais puisse être considéré comme peu volumineux.

L'indice vertical de longueur montre le rapport de la hauteur du crâne au diamètre antéro-postérieur de celui-ci. Pour la valeur de cet indice, ce sont les Roumains qui tiennent la tête (70,16). Leur indice élevé s'explique par le chiffre remarquablement fort de la hauteur de leur crâne. Pour la raison inverse ce sont les Serbes qui arrivent les derniers (63,69). Les autres populations se classent de la manière que voici: Tatars (68,14), Turcs (67,65), Albanais (66,79), Bulgares (65,99), Grecs (65,96).

L'indice vertical de largeur montre le rapport de la hauteur du crâne à sa largeur. Ce sont les Roumains qui possèdent l'indice le plus élevé (84,54)

et les Albanais qui ont l'indice le moins fort (77,71). Classement des autres populations : Turcs (82,36), Bulgares (82,26), Tatars (81,52), Grecs (80,23), Serbes (79,38).

L'indice fronto-crânien (rapport du diamètre frontal minimum au diamètre transversal du crâne) le plus élevé est encore celui des Roumains (74,24). Ce sont les Albanais qui possèdent l'indice le plus faible (71,44). Après eux viennent les Tatars et les Grecs. Les Bulgares possèdent également un indice élevé (74,14), rapproché de celui des Roumains.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 MAI 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte, la séance du lundi 24 mai est renvoyée au mardi 25.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les formes quadratiques binaires positives.* Note de M. G. **Humbert**.

Si la forme $ax^2 - 2bxy + cy^2$ est positive et *réduite*, on a

(1) $$a,\ c > 0; \quad ac - b^2 > 0; \quad 2\bar{b} \leqq a \leqq c,$$

$\bar{b}$ étant la valeur absolue de b.

On sait que les trois plus petits entiers représentables proprement par la forme (et qu'on nomme souvent ses trois *minima*) sont

$$a,\ c \quad \text{et} \quad a - 2b + c,$$

ainsi rangés par ordre de grandeurs croissantes. Aucun résultat ne semble avoir été établi, à ma connaissance du moins, sur les minima suivants; on peut donc poser ce problème :

Quels sont, rangés dans l'ordre croissant, le quatrième, le cinquième, le sixième, ... minimum de la forme?

Nous allons établir, en supposant, pour simplifier l'écriture, $b \geqq 0$ (ce qui évidemment ne diminue pas la généralité), les propositions suivantes :

1° *Le quatrième minimum est* $a + 2b + c$, obtenu pour $x = 1$, $y = -1$;

2° *Le cinquième minimum est* $4a - 4b + c$, obtenu pour $x = 2$, $y = 1$;

3° *Le sixième minimum est le plus petit des deux entiers* $4a + 4b + c$ *et* $a - 4b + 4c$, obtenus respectivement pour $x = 2$, $y = -1$, et $x = 1$, $y = 2$;

4° *Si le sixième minimum est le second,* $a - 4b + c$, *de ces entiers, le septième minimum sera le premier,* $4a + 4b + c$.

Démonstration. — Observons d'abord, qu'en vertu même de (1) et de l'hypothèse $b \geqq 0$, les six nombres

$$(2) \qquad a, \quad c, \quad a - 2b + c, \quad a + 2b + c, \quad 4a - 4b + c, \quad 4a + 4b + c$$

sont rangés dans l'ordre des grandeurs croissantes (ou du moins non décroissantes, deux ou plusieurs d'entre eux consécutifs pouvant être égaux).

Cherchons alors, d'une manière générale, quels entiers inférieurs à $4a + 4b + c$ peuvent être représentés *proprement* par la forme, c'est-à-dire trouvons toutes les solutions, en λ et μ, de l'inégalité

$$(3) \qquad a\lambda^2 - 2b\lambda\mu + c\mu^2 < 4a + 4b + c,$$

λ et μ étant deux entiers *premiers entre eux :* cette dernière condition est la définition même de la représentation propre. Distinguons maintenant trois cas :

1° $\mu = 0$. Alors λ, premier à μ, ne peut être que ± 1; et le premier membre de (3) se réduit à a, terme initial de la suite (2).

2° $\mu = \pm 1$. L'inégalité (3) s'écrit

$$a(\lambda^2 - 4) - 2b(\lambda\mu + 2) < 0,$$

c'est-à-dire

$$(4) \qquad (\lambda\mu + 2)[a(\lambda\mu - 2) - 2b] < 0.$$

Si $\lambda\mu - 2$ est négatif ou nul, l'*inégalité* n'est possible que pour $\lambda\mu + 2 > 0$; en sorte qu'on a

$$-2 < \lambda\mu \leqq 2;$$

μ étant ± 1, cela exige que λ prenne une des valeurs $0, \pm 1, \pm 2$; le premier membre de (3) est alors un des nombres

$$c, \quad a - 2b + c, \quad a + 2b + c, \quad 4a - 4b + c, \quad 4a + 4b + c$$

qui sont les cinq extrêmes de la suite (2), et dont le dernier est $4a+4b+c$ lui-même.

Si $\lambda\mu - 2$ est positif, il est au moins égal à 1, et le second facteur, au premier membre de (4), n'est pas négatif, en vertu de (1); l'inégalité (4) exige donc que $\lambda\mu + 2$ soit négatif, ce qui est en contradiction avec l'hypothèse $\lambda\mu - 2 > 0$.

Dès lors, pour $\mu = 0$ ou $\mu = \pm 1$, *l'inégalité* (3) ne peut être satisfaite que si son premier membre est un des cinq premiers nombres de la suite (2).

3° $\mu^2 > 1$; ce qui entraîne $\lambda^2 > 0$, puisque λ et μ sont premiers entre eux. En ce cas, interprétons géométriquement l'inégalité (3), en introduisant le *point représentatif* de la forme, c'est-à-dire le point du plan analytique situé au-dessus de l'axe réel, et dont l'affixe, z, vérifie l'équation

$$az^2 - 2bz + c = 0.$$

Si $z = \xi + i\eta$, on a $b = a\xi$; $c = a(\xi^2 + \eta^2)$; dès lors, l'inégalité (3) s'écrit

(5) $$(\mu^2 - 1)(\xi^2 + \eta^2) - 2(\lambda\mu + 2)\xi + \lambda^2 - 4 < 0;$$

elle exprime que le point (ξ, η) est à l'*intérieur* de la circonférence

(6) $$(\mu^2 - 1)(X^2 + Y^2) - 2(\lambda\mu + 2)X + \lambda^2 - 4 = 0,$$

ou mieux, puisque $\eta > 0$, que ce point est dans le demi-cercle supérieur limité par cette circonférence et par l'axe réel (axe des ξ).

D'autre part, la forme initiale étant réduite, par hypothèse, on sait que son point représentatif est dans un domaine, D, bien connu, qui, ici, b étant $\geqq 0$, est limité :

1° Par l'axe des η, partant du point H, $(\xi = 0, \eta = +1)$, et prolongé indéfiniment vers les η positifs;

2° Par l'arc HA de la demi-circonférence de centre O et de rayon 1, partant de H et arrêté au point A, $\left(\xi = \frac{1}{2}, \eta = \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$;

3° Par une parallèle à l'axe des η, issue de A et prolongée indéfiniment vers les η positifs.

Dès lors, pour que le point ξ, η soit intérieur à la demi-circonférence (6), il est *nécessaire* (*mais non suffisant*) que celle-ci pénètre dans le domaine D, ce qui exige qu'un des deux points H et A lui soit intérieur.

Pour que H soit intérieur à la circonférence (6), il faut que $\mu^2 + \lambda^2 - 5$

soit négatif : c'est impossible, puisque μ^2 est au moins égal à 4, et λ^2 à 1.

Pour que A soit intérieur à (6), il faut que

$$\lambda^2 - \lambda\mu + \mu^2 - 7 < 0$$

ou

$$(2\lambda - \mu)^2 + 3\mu^2 < 28. \tag{7}$$

Les seules solutions en nombres entiers, *premiers entre eux*, de cette inégalité, avec $\mu^2 > 1$ et $\lambda^2 > 0$, sont $\mu = 2$, $\lambda = +1$, et $\mu = -2$, $\lambda = -1$, auxquelles correspond, au premier membre de (3), le nombre $a - 4b + 4c$.

Conclusion. — D'après cette discussion, *les seuls entiers* inférieurs *ou égaux* au nombre $4a + 4b + c$ que la forme $ax^2 - 2b\,xy + cy^2$ puisse représenter proprement sont : 1° les six termes de la suite (2), lesquels, effectivement, ne dépassent pas ce nombre, et sont proprement représentables; 2° l'entier proprement représentable $a - 4b + 4c$, *mais dans le cas seulement où il serait inférieur ou égal à* $4a + 4b + c$.

La différence $(4a + 4b + c) - (a - 4b + 4c)$, ou $3a + 8b - 3c$, n'a pas évidemment un signe fixe pour toutes les formes $(a, -b, c)$ réduites; des exemples le prouvent de suite. Donc, si $a - 4b + 4c > 4a + 4b + c$, les six premiers minima de la forme initiale sont les six termes de la suite (2); si $a - 4b + 4c \leqq 4a + 4b + c$, les cinq premiers minima sont les cinq premiers termes de cette suite; le sixième est $a - 4b + 4c$, et le septième $4a + 4b + c$. C. Q. F. D.

M. G. **Bigourdan** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Petit Atlas céleste, comprenant 5 cartes en deux couleurs, précédé d'une introduction sur les constellations, etc.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les blessés de guerre et la cure thermale* (1870-1914), par F. Garrigou. (Présenté par M. Armand Gautier.)

2° *Les sculptures et gravures de pieds humains sur rochers*, par Marcel Baudouin. (Présenté par M. Charles Richet.)

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Mellish (1915 a), faites à l'Observatoire d'Athènes avec l'équatorial Doridis (Gautier* $0^m,40$). Note de M. D. ÉGINITIS, présentée par M. Bigourdan.

Dates. 1915.	Temps moyen d'Athènes.	Δα.	Δδ.	Nombre de comp.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Avril 8.......	13.29.41	—2.35,10	—3.13,6	8: 8	18.14.21,86	$\bar{1},578_n$	—2.58.35,4	$0,747_n$	1
» 8.......	14.39.19	—2.32,71	—3.35,2	5: 5	18.14.24,24	$\bar{1},057_n$	—2.58.57,0	$0,751_n$	1
» 10.......	13.26.44	—4. 3,65	—1.13,6	6: 6	18.16.52,34	$\bar{1},577_n$	—3.25.12,9	$0,750_n$	2
» 10.......	14.10.58	—4. 1,10	—1.38,3	6: 6	18.16.55,89	$\bar{1},503_n$	—3.25.37,6	$0,754_n$	2
» 13.......	12.44.53	+0.51,11	—0.20,8	5: 4	18.20.41,07	$\bar{1},616_n$	—4. 8.35,9	$0,748_n$	3
» 14.......	12.55.42	+3.49,16	—6.41,9	10:10	18.21.58,91	$\bar{1},602_n$	—4.24.29,6	$0,751_n$	4
» 15.......	12.57.37	—3. 4,12	—0.23,7	8: 7	18.23.16,71	$\bar{1},597_n$	—4.41.15,5	$0,753_n$	5
» 21.......	12.15.36	—1.32,39	+3.39,6	10:10	18.31. 9,89	$\bar{1},626_n$	—6.37. 8,3	$0,755_n$	6
» 21.......	13.18.57	—1.25,97	—0.15,1	10:10	18.31.13,54	$\bar{1},547_n$	—6.38. 2,5	$0,769_n$	7
» 21.......	14.12.42	—1.23,05	—1. 5,0	10:10	18.31.16,46	$\bar{1},434_n$	—6.38.52,4	$0,768_n$	7
» 22.......	12.33.11	—0.54,45	—7.28,0	10: 9	18.32.32,72	$\bar{1},606_n$	—6.59.40,8	$0,761_n$	8

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	α moyenne 1915,0.	Réduction au jour.	δ moyenne 1915,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	3,0	18.16.55,19	+1,76	—2.55. 7,8	—14,0	A.G. Strasb., 6.140
2.....	8,3	18.20.55,18	+1,81	—3.23.45,8	—13,5	» 6.168
3.....	7,5	18.19.48,05	+1,91	—4. 8. 2,0	—13,1	» 6.161
4.....	8,8	18.18. 7,80	+1,95	—4.17.34,6	—13,1	» 6.149
5.....	8,8	18.26.18,89	+1,94	—4.40.39,3	—12,5	» 6.192
6.....	9,0	18.32.40,16	+2,12	—6.40.36,8	—11,1	A.G., Wien Ottak., 6.237
7.....	9,1	18.32.37,39	+2,12	—6.37.36,3	—11,1	» 6.236
8.....	8,2	18.33.25,03	+2,14	—6.52. 1,9	—10,9	» 6.246

REMARQUES. — *Avril* 8. — La comète a l'aspect d'une nébulosité à bords mal définis, d'environ 1′,5 de diamètre, avec condensation. Noyau stellaire, excentrique, de grandeur 7,5-8,0.

Avril 10. — Même aspect. L'éclat de la comète paraît un peu affaibli; grandeur du noyau : 8,5.

Avril 13. — L'observation est faite dans des conditions atmosphériques défavorables; le noyau paraît diffus, de grandeur 9,5.

Avril 14. — Même aspect. L'astre paraît plus lumineux. Noyau stellaire de grandeur 8,5-9.

Avril 15. — Même aspect. Ciel couvert, par intervalles, de cirrus.

Avril 16. — Ciel couvert, par intervalles, de cirrus. Grandeur du noyau : 7,5-8. La

nébulosité paraît s'allonger du côté opposé au Soleil, comme si une queue était en train de se former.

Avril 20. — La comète est très lumineuse. Noyau stellaire de grandeur 7,5. La chevelure paraît sensiblement allongée, formant une très courte queue.

Avril 21. — Noyau stellaire de grandeur 8,0. Une queue très courte et de faible éclat est à peine visible; une raie sombre se voit le long de son axe.

Avril 22. — Noyau stellaire de grandeur 9,0. L'éclat paraît plus affaibli; la raie sombre de la queue n'est pas visible.

A ces observations ont pris part MM. Paraskévopoulos et Georgantis.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales quasi périodiques d'une équation différentielle linéaire.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Émile Picard.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 4 mai 1914), nous avons montré que si l'équation caractéristique de l'équation différentielle

$$\frac{d^n y}{dx^n} + A_1 \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \ldots + A_n y = \varphi(x), \tag{1}$$

où $\varphi(x)$ est une fonction quasi périodique attachée au corps des périodes a_1, a_2, ..., a_p, n'admet ni racines imaginaires ni nulles, il existe toujours une intégrale quasi périodique attachée au corps des mêmes périodes a_1, a_2, ..., a_p.

Cette proposition peut ne plus être vraie lorsqu'il existe des racines purement imaginaires ou nulles $i\omega_1$, $i\omega_2$, ..., $i\omega_q$.

Nous allons montrer toutefois que *s'il existe une intégrale bornée* $y = f(x)$, *cette intégrale est quasi périodique.*

Posons

$$b_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}, \qquad b_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}, \qquad \ldots, \qquad b_q = \frac{2\pi}{\omega_q}. \tag{2}$$

D'après un théorème établi dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 12 avril 1915), quel que soit h, les fonctions

$$f(x+h), \quad f'(x+h), \quad f''(x+h), \quad \ldots, \quad f^{(n)}(x+h) \tag{3}$$

sont bornées et, par suite ici, également continues. Si l'on se donne alors une suite de nombres h (dont le terme général sera désigné par h) tels que les nombres

$$\frac{h}{a_1}, \quad \ldots, \quad \frac{h}{a_p}, \quad \frac{h}{b_1}, \quad \ldots, \quad \frac{h}{b_q}$$

diffèrent de moins en moins de nombres entiers, on pourra, d'une telle suite, extraire une suite S telle que les fonctions (3) tendent simultanément et uniformément vers les *fonctions limites*

$$f_1(x),\quad f_1'(x),\quad \ldots,\quad f_1^{(n)}(x),$$

qui sont les dérivées successives de la première d'entre elles.

Or, on démontre aisément que, $f(x)$ étant bornée, $f_1(x)$ coïncide nécessairement avec $f(x)$.

En effet, $f(x+h)$ est, quel que soit h, une intégrale de l'équation différentielle

$$\frac{d^n y}{dx^n} + A_1\frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \ldots + A_n y = \varphi(x+h);$$

mais, h étant le terme général de la suite S, $\varphi(x+h)$ a pour limite $\varphi(x)$. Il en résulte que $f_1(x)$ est aussi une intégrale de (1); par suite, la différence $f_1(x) - f(x)$ est une intégrale de l'équation différentielle homogène

$$\frac{d^n y}{dx^n} + A_1\frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \ldots + A_n y = 0.$$

La différence $f_1(x) - f(x)$ étant d'autre part bornée, on en conclut que $f_1(x)$ est de la forme

$$f_1(x) = f(x) + \Sigma(C\cos\omega x + D\sin\omega x) + E.$$

Or, h désignant toujours le terme général de la suite S, on aura

$$\begin{aligned} f_2(x) = \lim f_1(x+h) &= f_1(x) + \Sigma(C\cos\omega x + D\sin\omega x) + E \\ &= f(x) + 2\,\Sigma(C\cos\omega x + D\sin\omega x) + 2E \end{aligned}$$

et ainsi de suite,

$$f_k(x) = \lim f_{k-1}(x+h) = f(x) + k\,\Sigma(C\cos\omega x + D\sin\omega x) + kE.$$

Comme toutes les fonctions $f_k(x)$ sont bornées, avec les mêmes bornes, ceci n'est possible qu'avec

$$C = D = E = 0$$

et, par suite,

$$f_1(x) = f(x).$$

On en déduit immédiatement que, *pour toute suite* h, telle que S, *congrue à zéro suivant les périodes* $a_1, a_2, \ldots, a_p, b_1, b_2, \ldots, b_q$, les fonctions (3) ont une limite, car, s'il en était autrement, on pourrait obtenir avec ces fonctions au moins deux systèmes distincts de limites, ce qui est impossible, d'après ce qui précède.

Cela établit précisément que l'intégrale considérée $f(x)$ est une fonction quasi périodique attachée au corps des périodes $a_1, a_2, \ldots, a_p, b_1, b_2, \ldots, b_q$.

NOMOGRAPHIE. — *Remarques au sujet de l'anamorphose circulaire.* Note de M. **Maurice d'Ocagne**, présentée par M. Appell.

A propos d'une Note adressée à l'Académie par M. R. Soreau, dans la séance du 19 avril dernier, je demanderai la permission de faire les remarques suivantes :

L'idée de généraliser l'anamorphose de Lalanne par l'introduction de systèmes de cercles *quelconques*, au lieu de systèmes de droites, se rencontre déjà dans la brochure où j'ai, en 1891, donné la première esquisse de la Nomographie ([1]), pour y être immédiatement appliquée à la représentation d'une équation empruntée au calcul des murs de soutènement et non accessible à l'anamorphose de Lalanne ([2]).

Ayant, depuis lors, repris la même idée plus à fond, j'ai, en supposant l'abaque rapporté à des axes rectangulaires, formé le *type le plus général* des équations auxquelles l'anamorphose par cercles peut être appliquée ([3]). Le fait d'introduire dans la solution de ce problème, comme le fait M. Soreau, plusieurs paramètres et notamment celui qui tient à l'indétermination *a priori* de l'angle des axes, comporte, en pratique, de plus grandes facilités pour la disjonction des variables sous la forme voulue; cela n'est pas douteux. Mais il faut bien remarquer que cela ne saurait conférer au résultat un plus haut degré de généralité, la nature de l'équation représentée n'étant, cela va sans dire, liée en aucune façon au choix des axes adoptés pour la construction des trois systèmes de cercles de l'abaque, choix qui, par contre, je le répète, peut entraîner pour cette construction de sensibles avantages pratiques. Il est donc bien clair, en tout cas, que les deux variantes du type général d'équation susceptible

---

([1]) *Nomographie. Les calculs usuels effectués au moyen des abaques* (Paris, Gauthier-Villars; 1891, p. 15).

([2]) *Ibid.*, p. 28.

([3]) *Traité de Nomographie* (Paris, Gauthier-Villars; 1899, p. 113); *Calcul graphique et Nomographie* (Paris, Doin; 1re éd., 1908, p. 191, et 2e éd., 1914, p. 193). Ce type d'équation est celui que M. Soreau rappelle dans le second renvoi de sa Note. La méthode d'élimination que j'emploie dans le second de ces Ouvrages, en vue d'obtenir le résultat en question, ne diffère nullement, pour le fond, de celle à laquelle M. Soreau a recours lui-même, comme il est très facile de le constater en se reportant à l'endroit cité. Il est vraisemblable qu'en faisant allusion à la différence qu'il avait cru reconnaître entre nos méthodes, M. Soreau n'avait sous les yeux que mon Traité de 1899.

d'une telle anamorphose, obtenues par l'une ou l'autre voie, sont nécessairement réductibles l'une à l'autre.

Il est à peine besoin d'ajouter que les observations qui précèdent n'enlèvent rien de l'intérêt principal qui s'attache à la Note de M. Soreau et qui consiste à faire voir quand et comment l'équation pouvant s'écrire, avec mes ordinaires notations nomographiques,

$$F_{123}^2 + G_{123}^2 + H_{123} = 0,$$

est susceptible d'anamorphose circulaire.

GÉOMÉTRIE. — *Sur de nouvelles applications géométriques de la formule de Stokes.* Note de M. **A. Buhl**, présentée par M. G. Humbert.

1. Dans la formule de Stokes ordinaire

$$(1) \qquad \int\int_\sigma \begin{vmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} d\sigma = \int_\Sigma P\,dx + Q\,dy + R\,dz,$$

soit $P = y\,H$, $Q = -x\,H$, $R = 0$, où H est homogène d'ordre -2.

Par application du théorème d'Euler, on a aisément

$$(2) \qquad \int\int_\sigma \frac{\partial H}{\partial z}(\alpha x + \beta y + \gamma z)\,d\sigma = \int_\Sigma H(y\,dx - x\,dy).$$

Avec deux fonctions F, G analogues à $H(x, y, z)$, et par permutations circulaires, on a deux autres formules, d'où par addition,

$$(3) \qquad \int\int_\sigma \left(\frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial z}\right)(\alpha x + \beta y + \gamma z)\,d\sigma = \int_\Sigma \begin{vmatrix} dx & dy & dz \\ x & y & z \\ F & G & H \end{vmatrix}.$$

Celle-ci paraît riche en conséquences géométriques.

Ici, pour plus de brièveté et dût la symétrie en souffrir un peu, je me servirai de (2). Soit un cône de sommet O et de directrice fermée Σ, cône découpant, sur une surface donnée E, une aire σ_E. De O, la perspective d'un élément $d\sigma_E$ est $d\sigma$ sur une surface quelconque passant par Σ. Si E a pour équation

$$(4) \qquad f(x, y, z) = 1,$$

f étant homogène d'ordre m, il est élémentaire d'établir une relation entre $d\sigma_E$ et $d\sigma$ d'où

$$(5) \qquad \sigma_E = \frac{1}{m}\int\int_\sigma f^{-\frac{m+2}{m}}(f_x^2+f_y^2+f_z^2)^{\frac{1}{2}}(\alpha x+\beta y+\gamma z)\,d\sigma.$$

Dans l'intégrale double, les termes en f forment un ensemble homogène d'ordre -3; elle est donc transformable, par (2), en une intégrale de ligne étendue à Σ.

On aura donc, toujours d'après (2),

$$(6) \qquad \sigma_E = \int (x\,dy - y\,dx),$$

si l'on trace le contour Σ sur la surface d'équation

$$(7) \qquad 1 = \Omega(x,y) - \frac{2}{m}\int f^{-\frac{m+2}{m}}(f_x^2+f_y^2+f_z^2)^{\frac{1}{2}}\,dz,$$

$\Omega(x, y)$ étant une fonction arbitraire, mais homogène d'ordre -2.

Σ étant situé sur la surface (7), *sa perspective, de centre* O, *sur* E, *et sa projection sur le plan* Oxy *enferment des aires équivalentes.*

2. Passant sur de nombreux cas simples, je prends l'ellipsoïde E. Soit

$$M = Ax^2+By^2+Cz^2, \qquad N = A^2x^2+B^2y^2+C^2z^2.$$

Si E est d'équation $M = 1$, on a, d'après (5) et (2),

$$(8) \qquad \sigma_E = \int\int_\sigma \frac{\sqrt{N}}{M^2}(\alpha x+\beta y+\gamma z)\,d\sigma = \frac{1}{2}\int_\Sigma \Theta(x\,dy - y\,dx),$$

où Θ désigne l'expression

$$\frac{1}{M-Cz^2}\left[1-\frac{z\sqrt{N}}{M}+\frac{N-C^2z^2}{\sqrt{C(N-CM)(M-Cz^2)}}\operatorname{arc\,tang}\frac{\sqrt{(M-Cz^2)(N-CM)}}{\sqrt{C}(M+z\sqrt{N})}\right].$$

L'intégrale de ligne, troisième membre des égalités (8), paraît fort compliquée, mais elle l'est surtout si l'on cherche à tracer directement Σ sur E; c'est faire $M = 1$ dans Θ, ce qui ne simplifie en rien les singularités de cette expression. $N = 1$ simplifie; si Σ est section plane de l'ellipsoïde auxiliaire $N = 1$, la perspective de Σ sur E est l'une des frontières des zones introduites par M. G. Humbert dans son profond Mémoire *Sur le théorème*

d'Abel et quelques-unes de ses applications à la Géométrie (*Journal de Mathématiques*, 1890).

Faire en bloc $\Theta = 1$ c'est avoir, pour E, le théorème terminant le paragraphe précédent. Alors la surface (7), d'équation $\Theta = 1$, bien que compliquée, peut être étudiée par continuité en commençant par le cas de la sphère. On voit les conséquences. A des aires planes ayant, dans Oxy, des propriétés données (rationnalité, expression par les fonctions élémentaires, relations imposées, etc.) correspondent, sur la surface $\Theta = 1$, des contours Σ dont la perspective, du centre de E, reproduit, sur cet ellipsoïde, des aires de mêmes propriétés.

3. Je développerai, dans un travail étendu, bien des aperçus géométriques de ce genre, dont l'idée première, pour certains, appartient à M. Humbert. Un cône transperçant une sphère y détermine deux aires dont la différence est exprimable (*loc. cit.*, 1888) par une intégrale de surface ou par une intégrale de ligne; on peut passer de l'une à l'autre par (3).

Enfin si, dans ce qui précède, j'ai fait, au fond, une carte plane conservant les aires de la surface (4), je puis, aux aires sur E, faire correspondre beaucoup d'autres concepts; car le second membre de (3), auquel il est simple de faire représenter des aires planes, peut représenter beaucoup d'autres choses.

PHYSIQUE. — *Calcul de la constante de Despretz-Trouton.* Note [1] de M. Daniel Berthelot, présentée par M. É. Jungfleisch.

On désigne sous le nom de *loi de Despretz-Trouton* la relation d'après laquelle le quotient $\frac{Q}{T_n}$ de la chaleur moléculaire de vaporisation Q d'un liquide par la température absolue T_n d'ébullition sous la pression atmosphérique est un nombre sensiblement constant et voisin de 20.

Si au lieu de la chaleur latente Q de vaporisation totale, on considère la chaleur latente L de vaporisation interne, il faut retrancher 2 calories du nombre 20 pour tenir compte du travail extérieur. On a donc

$$\frac{L}{T_n} = 18.$$

[1] Séance du 10 mai 1915.

Cette relation a été vérifiée d'une manière satisfaisante dans un très grand nombre de cas, et notamment sur beaucoup de liquides organiques non polymérisés.

La loi précédente a été découverte d'une manière purement empirique par Despretz d'abord, puis retrouvée plus tard par Pictet et par Trouton. Il a été reconnu depuis qu'elle pouvait se déduire théoriquement de la loi des états correspondants. D'après l'équation thermodynamique de Clapeyron, les quotients $\frac{Q}{T}$ ou $\frac{L}{T}$ ont en effet la dimension $\frac{[p][v]}{[T]}$. Il en résulte qu'à condition de prendre les différents liquides sous des masses égales à leurs masses moléculaires, ces quotients ont des valeurs numériques égales pour tous les corps en des points correspondants. Or, l'expérience montre que la température d'ébullition normale est, pour des liquides très variés, une même fraction de la température critique égale environ aux $\frac{2}{3}$ de celle-ci (0,63 pour l'hydrogène, 0,61 pour l'argon, 0,66 pour l'éther, 0,66 pour l'acétate d'éthyle, 0,68 pour l'alcool, 0,63 pour le benzène, 0,65 pour le chlorure stannique, 0,66 pour le phénol, etc.).

Si donc on connaissait avec une exactitude suffisante l'équation caractéristique des fluides, on pourrait calculer *a priori* la valeur de la constante de Despretz-Trouton. Jusqu'ici, les essais tentés dans cette voie n'ont pas été satisfaisants. Je me propose de montrer que nos connaissances actuelles permettent d'arriver à un meilleur résultat.

La chaleur interne de vaporisation L représente l'équivalent du travail effectué contre les forces d'attraction moléculaire quand le fluide est amené du volume liquide v au volume de vapeur v'. Si l'on admet, avec Poisson et Van der Waals, que la pression interne ait pour expression, à une température donnée, $\frac{a}{v^2}$, a désignant la constante d'attraction moléculaire, on obtient (¹) pour L, en négligeant la densité $\frac{1}{v'}$ de la vapeur vis-à-vis de celle $\frac{1}{v}$ du liquide,

$$L = \int_v^{v'} \frac{a}{v^2} dv = \frac{a}{v}. \tag{1}$$

D'après la loi du diamètre rectiligne de M. Mathias, à des températures assez éloignées de la température critique pour que la densité de la vapeur saturée soit négligeable vis-à-vis de celle du liquide, on peut écrire,

(¹) A. DUPRÉ, *Théorie mécanique de la chaleur*, 1869, p. 158.

v_c représentant le volume critique et $\theta = \frac{T}{T_c}$ la température réduite :

(2) $$\frac{1}{v} = \frac{2}{v_c}(2 - \theta).$$

En conséquence

(3) $$\frac{L}{T} = \frac{2a}{v_c T_c}\left(\frac{2}{\theta} - 1\right).$$

D'après l'équation de Van der Waals, on aurait

(4) $$R = \frac{8}{3}\frac{p_c v_c}{T_c}, \qquad a = 3 p_c v_c^2 = \frac{9}{8} R T_c v_c.$$

Portant cette valeur de a dans (3) et remarquant que la constante R, rapportée à la molécule-gramme et évaluée en unités thermiques, est égale à 2 calories :

(5) $$\frac{L}{T} = \frac{9}{4} R\left(\frac{2}{\theta} - 1\right) = \frac{9}{2}\left(\frac{2}{\theta} - 1\right) \text{ calories.}$$

Par suite, comme le point d'ébullition normal T_n représente, ainsi qu'il a été dit plus haut, la température réduite $\theta = \frac{2}{3}$, il vient pour la constante de Despretz-Trouton $\frac{L}{T_n} = 9$, valeur égale à la moitié seulement du nombre expérimental 18.

Ce désaccord n'est pas attribuable aux équations (1) et (2), mais au manque de rigueur des relations (4). On a observé depuis assez longtemps en effet que l'équation de Van der Waals représente les faits d'une manière satisfaisante, qualitativement, mais non quantitativement [1].

Mais j'ai fait connaître il y a une douzaine d'années [2] une équation caractéristique nouvelle qui donne les valeurs exactes des constantes a, R en fonction des constantes critiques, et représente les propriétés des gaz dans des limites de température très étendues, la vérification ayant été faite du voisinage de zéro absolu jusqu'au-dessus de 1000° C. Cette équation m'a permis de calculer exactement les écarts des divers thermomètres à gaz

---

(1) D. Berthelot, *Quelques remarques sur l'équation caractéristique des fluides* (*Archives néerlandaises*, 2e série, t. V, 1900, p. 417-447).

(2) D. Berthelot, *Sur les thermomètres à gaz et la réduction de leurs indicateurs à l'échelle absolue* (Extrait du Tome XIII des *Travaux du Bureau international des Poids et Mesures*, 1902, p. 1-115). — Voir aussi *Recueil des Constantes*, publié par la Société française de Physique, Tableau LXXXV).

observés par M. Chappuis dans ses belles expériences, les effets thermiques mesurés dans la détente des gaz par Joule et Thomson, les poids moléculaires des gaz par leurs densités limites, etc. Elle a été appliquée depuis avec succès d'une manière constante, par M. Nernst et ses collaborateurs, dans une série de recherches très étendues sur les chaleurs spécifiques des gaz aux très basses et aux très hautes températures.

D'après cette équation, les relations (4) doivent être remplacées par les suivantes, dans lesquelles a_n et a_c désignent les valeurs que prend aux températures T_n et T_c la constante d'attraction moléculaire, laquelle varie en raison inverse de la température :

$$(6)\qquad R=\frac{32}{9}\frac{p_c v_c}{T_c},\qquad a_c=\frac{16}{3}p_c v_c^2=\frac{3}{2}RT_c v_c,\qquad a_n=a_c\frac{T_c}{T_n}=\frac{3}{2}\frac{R}{\theta}T_c v_c.$$

Introduisant cette valeur de a_n dans l'équation (3), il vient

$$(7)\qquad \frac{L}{T}=\frac{2a_n}{v_c T_c}\left(\frac{2}{\theta}-1\right)=3\frac{R}{\theta}\left(\frac{2}{\theta}-1\right)=\frac{6}{\theta}\left(\frac{2}{\theta}-1\right)\text{ calories,}$$

ce qui donne pour le coefficient de Despretz-Trouton $\frac{L}{T_n}=18$, valeur en parfait accord avec l'expérience.

Pour $\theta=\frac{1}{2}$, température voisine du point de fusion pour la plupart des corps, la formule donne $\frac{L}{T_f}=36$, nombre voisin de celui qui a été trouvé en effet pour l'anhydride sulfureux, sur lequel les mesures de chaleurs latentes ont été poussées jusque-là.

C'est là un nouvel et intéressant exemple de l'exactitude avec laquelle l'équation caractéristique que j'ai donnée permet de calculer les propriétés des fluides.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le citrate trimagnésien et les prétendus citrates magnésiens basiques.* Note [1] de M. **E. Léger**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Quand on prépare le citrate trimagnésien en saturant, par le carbonate de magnésie, une solution concentrée et chaude d'acide citrique, on constate que la cristallisation du sel qui renferme $13H^2O$ [2] est fort lente.

---

(1) Séance du 10 mai 1915.

(2) Les analyses et les détails d'expérience seront publiés dans un autre recueil.

On ne saurait invoquer l'existence d'un état de sursaturation; car, en amorçant les liqueurs avec une trace d'hydrate à $13H^2O$ humide, on n'arrive pas à accélérer la cristallisation. La lenteur de celle-ci peut s'expliquer si l'on admet que le citrate formé d'abord est un sel renfermant moins de $13H^2O$, sel très soluble dans l'eau froide, qui ne se transformerait que peu à peu, par hydratation, en hydrate à $13H^2O$, fort peu soluble dans l'eau froide.

D'autre part, si l'on dissout une partie de citrate trimagnésien à $13H^2O$ dans deux parties d'eau bouillante, la séparation du sel de la solution refroidie exige plusieurs heures pour être complète. On peut admettre ici que la dissolution de l'hydrate à $13H^2O$ dans l'eau bouillante s'accompagne d'une déshydratation et que le sel dissous renferme, en réalité, moins de $13H^2O$; ce sel dissous, très soluble à froid, fixerait, peu à peu, la quantité d'eau nécessaire pour former l'hydrate à $13H^2O$ dont le dépôt se ferait ainsi progressivement, au fur et à mesure que se produirait la fixation d'eau.

Le même raisonnement peut s'appliquer à l'action du citrate trisodique sur le sulfate de magnésium qui ne donne lieu, tout d'abord, à aucune précipitation de citrate trimagnésien, même avec des solutions concentrées. Cette précipitation ne s'effectue qu'après plusieurs jours et le sel, ainsi déposé lentement, cristallise en lamelles microscopiques carrées, ayant la même composition et les mêmes propriétés que le citrate trimagnésien obtenu par combinaison directe, mais en différant par la plus grande netteté de ses cristaux.

Enfin, l'existence d'un citrate trimagnésien très soluble n'est pas purement hypothétique. On verra plus loin que j'ai pu obtenir un citrate trimagnésien, renfermant environ $7H^2O$, lequel se dissout instantanément dans deux fois son poids d'eau froide. Cette solution, abandonnée à elle-même, se prend, au bout de quelques heures, en une masse de cristaux. Si la solution est un peu moins concentrée, ceux-ci ont la forme de lamelles carrées, caractéristiques du citrate trimagnésien à $13H^2O$.

En maintenant sur le bain-marie, pendant une vingtaine d'heures, une solution concentrée de citrate trimagnésien, la liqueur se trouble et l'on obtient un précipité cristallin, insoluble, même dans l'eau bouillante, constitué par un nouvel hydrate du citrate trimagnésien renfermant $9H^2O$.

On obtient le même sel, mais sous forme de prismes plus volumineux, réunis en croûtes, en chauffant la solution du citrate trimagnésien à 110°.

Les deux hydrates du citrate trimagnésien ne perdent leur eau que

lentement et à des températures assez élevées. L'hydrate à $13H^2O$ ne perd, à 110°, que $11\ H^2O$, les deux dernières molécules ne disparaissant qu'à 150°-155°. L'hydrate à $9\ H^2O$ est encore plus stable. Il ne perd rien à 110°; sa déshydratation ne s'opère qu'à 175°.

En plus de ces deux hydrates, il en existe un troisième, auquel il a été fait allusion plus haut. On l'obtient en mélangeant deux solutions alcooliques bouillantes, l'une d'acétate de magnésium : 3^{mol}, l'autre d'acide citrique : 2^{mol}. Ce citrate se présente sous l'aspect de masses blanches, légères, renfermant de 7 à $8\ H^2O$.

Ce citrate trimagnésien, comme on l'a dit plus haut, se dissout dans 2 parties d'eau froide et la solution dépose, après un certain temps, des cristaux de l'hydrate à $13\ H^2O$ qui solidifient tout le liquide. Avec une solution un peu plus étendue, les cristaux prennent la forme de lamelles microscopiques carrées caractéristiques. Il est vraisemblable que c'est ce citrate à $7\ H^2O$ qui se forme d'abord quand on sature l'acide citrique par le carbonate de magnésie.

Si, d'autre part, on abandonne à l'air le citrate trimagnésien anhydre, ce sel absorbe, peu à peu, l'humidité atmosphérique. Au bout d'un mois, la quantité d'eau fixée correspond à environ $7\ H^2O$. Ce composé se dissout, lui aussi, dans 2 parties d'eau froide et, de cette solution, il se dépose également l'hydrate à $13\ H^2O$.

Si le citrate à $9\ H^2O$ est insoluble dans l'eau, il se dissout facilement dans l'ammoniaque en donnant un citrate magnésien ammoniacal,

$$Mg^3(C^6H^5O^7)^2,\ 2NH^3 + 5H^2O,$$

qu'on peut obtenir en évaporant la solution ammoniacale dans le vide sur SO^4H^2. Le produit a l'aspect de lamelles brillantes, il est très soluble dans l'eau. Sa solution, exposée à l'air, dans une éprouvette, perd NH^3 et il se dépose du citrate trimagnésien à $13\ H^2O$ en lamelles microscopiques carrées. Le sel, lui-même, se décompose lentement à l'air humide, avec dégagement de NH^3; mais, à l'état anhydre, il supporte une température de 175°.

Kämmerer [1] a obtenu le citrate trimagnésien à $9\ H^2O$ par trois procédés; mais, comme dans ces procédés la production du sel à $9\ H^2O$ est précédée, ainsi que je m'en suis assuré, de celle du sel à $13\ H^2O$, ces trois procédés se ramènent à un seul. L'hydrate à $9\ H^2O$ dérive, dans tous les cas, de l'hydrate à $13\ H^2O$.

---

(1) *Annalen*, t. 148, p. 311, et t. 170, p. 181.

Kämmerer a d'ailleurs signalé l'existence de trois citrates magnésiens basiques :

1° Il aurait obtenu le sel $4 Mg^2(C^6H^4O^7)^4 + Mg^3H^2(C^6H^4O^7)^2 + 13 H^2O$ en chauffant au bain-marie la solution d'un citrate trimagnésien qu'il obtenait en précipitant par l'alcool une solution aqueuse renfermant un mélange, en proportions convenables, d'acétate de magnésium et d'acide citrique. En répétant son expérience, je n'ai pu obtenir que le citrate trimagnésien à $9 H^2O$.

2° Le citrate $Mg^5(C^6H^5O^7)^3 + Mg^2(C^6H^4O^7) + 8 H^2O$ s'obtiendrait en évaporant à sec, après filtration, la solution obtenue en faisant digérer, à chaud, une solution d'acide citrique avec un excès de carbonate de magnésie. C'est ce résidu d'évaporation, ne présentant aucune garantie d'identité, qui a été analysé.

3° Quant au troisième citrate basique

$$2[Mg^3H^2(C^6H^4O^7)^2] + Mg^2(C^6H^4O^7) + 3 H^2O,$$

aucune description n'en est donnée, le mode de préparation même manque de précision, de sorte que l'existence de ce composé reste plus que problématique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'acide α-glycérophosphorique.* Note de M. O. Bailly, présentée par M. Ch. Moureu.

En 1898, Cavalier [1], guidé par les rapports simples qui existent entre l'alcool allylique et la glycérine, tenta de réaliser la synthèse de l'acide glycérophosphorique en partant des allylphosphates dont il donna un mode de préparation. Il constata que l'acide allylphosphorique fixait, instantanément et directement, une molécule de brome, et que l'acide dibromoglycérophosphorique résultant de cette fixation se décomposait, au fur et à mesure de sa formation, en HBr et acide monobromoglycérophosphorique

$$PO^4H^2.C^3H^5 \rightarrow PO^4H^2.C^3H^5Br^2 \rightarrow PO^4H^2.C^3H^5(OH)Br.$$

De ce dernier éther à l'acide glycérophosphorique $PO^4H^2.C^3H^5(OH)^2$ il n'y avait, semble-t-il, qu'un pas; ce pas, Cavalier ne put le franchir.

(1) J. Cavalier, *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1898.

Ayant repris les expériences de cet auteur, en suivant exactement sa technique, je ne puis que confirmer ses résultats négatifs.

L'importance du passage des allylphosphates aux glycérophosphates réside dans la possibilité d'obtention de l'acide α-glycérophosphorique et de ses sels en dehors de toute trace d'isomère β. Je l'ai tenté par une autre méthode, qui m'a conduit à la solution du problème posé par Cavalier. Selon les indications de cet auteur, j'ai préparé du monoallylphosphate de sodium, que j'ai soumis à l'action du permanganate de potassium en solution aqueuse étendue et froide. Se comportant à la façon classique, c'est-à-dire à la fois comme oxydant et comme hydratant (Wagner), ce réactif transforme abondamment la liaison éthylénique en groupement dihydroxylé, sans hydrolyse marquée du groupement éther-sel :

$$O = P \begin{cases} ONa \\ ONa \\ O.CH^2.CH = CH^2 \end{cases} + O + H^2O = O = P \begin{cases} ONa \\ ONa \\ O.CH^2.CH.OH.CH^2.OH. \end{cases}$$

Mode opératoire. — A 500$^{cm^3}$ d'une solution renfermant 18^g d'allylphosphate de sodium on ajoute peu à peu et en agitant, à la température de 15° environ, une solution de 14^g de permanganate de potassium dans un demi-litre d'eau. On laisse reposer pendant quelques heures, on filtre à la trompe pour séparer MnO^2 formé, on neutralise le filtrat en présence de phtaléine, et l'on ajoute 12^g de $CaCl^2$ dissous dans quelques centimètres cubes d'eau. On filtre pour séparer un faible précipité de $(PO^4)^2Ca^3$, et l'on additionne le liquide filtré de son volume d'alcool à 95 pour 100. On obtient ainsi un précipité d'α-glycérophosphate de calcium brut, souillé encore d'un peu d'allylphosphate de calcium. Pour le purifier on le recueille à la trompe, on le lave à l'alcool à 45 pour 100 pour le priver de chlorures, et l'on en fait une solution aqueuse à 2 pour 100, qu'on porte au bain-marie à la température de 85°. L'allylphosphate de calcium, presque insoluble à cette température, se dépose ainsi qu'une certaine proportion de glycérophosphate de calcium α, dont la majeure partie, demeurée en solution, est précipitée par addition d'alcool après filtration et refroidissement. Le rendement est de 25 pour 100 environ.

Soumis à l'analyse, le sel obtenu donne les chiffres suivants :

	Trouvé pour 100.	Calculé pour $PO^4CaC^3H^5(OH)^2$.
P	14,79	14,76
Ca	19,08	19,05
$P^2O^7Ca^2$	60,46	60,47

0^g,6410, correspondant à 0^g,5832 de sel anhydre, donnent une solution aqueuse, neutre à la phtaléine, qui passe à la neutralité à l'hélianthine par addition de 13$^{cm^3}$,9 de solution de HCl $\frac{N}{5}$ (calculé : 13,88).

La solubilité est telle que 100^g de solution saturée à 15° renferment 4^g,95 de sel anhydre, c'est-à-dire que 100^g d'eau dissolvent à cette température 5^g,21 de sel anhydre.

Oxydé par l'eau de brome à froid, le sel obtenu engendre abondamment de l'acide dioxyacétone-phosphorique, qu'on peut caractériser (après s'être assuré qu'il n'y a pas eu trace d'hydrolyse du groupement fonctionnel éther-sel) soit au moyen des réactions colorées de Denigès, soit par distillation de la liqueur d'oxydation en présence de 20 pour 100 de SO^4H^2. Dans ce dernier cas, on peut mettre en évidence dans le distillat la présence de méthylglyoxal, dont la production, comme l'a démontré Pinkus (¹), est caractéristique de l'action de SO^4H^2 sur la dioxyacétone, ou, ce qui revient au même, sur l'acide dioxyacétone-phosphorique

$$PO^4H^2.CH^2\ CH.OH.CH^2.OH + Br^2 = 2HBr + PO^4H^2.CH^2.CO - CH^2.OH,$$
$$PO^4H^2.CH^2.CO.CH^2.OH = PO^4H^3 + CH^3 - CO - CHO.$$

Ces faits, joints à l'épreuve de la dissolution fractionnée, qui montre qu'on est en présence d'un corps sensiblement pur et non d'un mélange, identifient indiscutablement le sel obtenu avec l'α-glycérophosphate de calcium.

J'ai préparé les sels alcalino-terreux qui sont les plus caractéristiques. Leurs solubilités et celles de leurs isomères β sont résumées ci-dessous :

	Solubilité des glycérophosphates.	
	Sels α.	Sels β.
Glycérophosphate de calcium.........	4,95 à 15°	1,72 à 15°
» de baryum.........	1,83 à 17	57,6 à 12
» de strontium.......	1,79 à 16	2,35 à 15

A remarquer la grande solubilité du β-glycérophosphate de baryum.

Ces sels peuvent être obtenus à l'état cristallisé par évaporation lente de leur solution aqueuse.

Avant ce travail et pour la première fois, King et Pyman (²) ont réalisé une très élégante synthèse des α-glycérophosphates par action du phosphate tribasique de sodium sur l'α-monochlorhydrine de la glycérine. Or, ils attribuent à l'α-glycérophosphate de calcium la solubilité de 1,9 pour 100 à 13°,

---

(¹) PINKUS, *D. chem. Ges.*, t. 31, 1896, p. 31.
(²) KING et PYMAN, *Journ. ch. Soc.*, t. 105-106, 1914, p. 1238.

très différente de celle qui résulte de mes expériences. Dans le but de fixer ce point important, et comme je le relaterai un peu plus en détail dans un autre Mémoire, j'ai repris les remarquables expériences des auteurs anglais, en substituant toutefois la précipitation alcoolique à l'évaporation de la solution aqueuse pour l'extraction du sel de calcium, et cela, dans le double but d'éviter toute trace d'hydrolyse et d'augmenter le rendement, qui, de fait, s'est trouvé ainsi facilement porté de 48 à 80 pour 100. Je ne puis que confirmer de point en point le Mémoire de MM. King et Pyman, sauf en ce qui concerne la solubilité de l'α-glycérophosphate de calcium obtenu, que j'ai trouvée telle que 100^g de solution saturée à 16° renferment 4^g,88 de sel anhydre, chiffre qui se confond sensiblement avec celui précédemment trouvé.

Je me réserve d'appliquer les données de ce travail à l'étude des produits d'éthérification de la glycérine par l'acide phosphorique et les phosphates alcalins.

ÉLECTRICITÉ MÉDICALE. — *Résultats obtenus dans la recherche, la localisation et l'extraction des projectiles magnétiques au moyen de l'électro-vibreur.* Note (¹) de M. **J. Bergonié**, présentée par M. d'Arsonval.

Depuis ma première Note (²) sur l'emploi d'un électro-aimant, actionné par du courant alternatif, dit *électro-vibreur*, pour rechercher et localiser dans les tissus vivants, par les vibrations induites, les projectiles magnétiques, une large expérience a pu être faite de cette méthode, grâce à une mission à l'avant qui m'a été confiée par M. le Ministre de la Guerre et à laquelle était adjoint M. le Dr Mignot, comme chirurgien.

Voici les résultats et enseignements de l'expérience, sur près de 200 projectiles recherchés, localisés, extraits chirurgicalement grâce à la nouvelle méthode, le plus souvent sans radiographie ou radioscopie antérieures et sur un beaucoup plus grand nombre de blessés examinés et triés, grâce à l'électro-vibreur, en porteurs et non porteurs de projectiles magnétiques :

1° La construction de l'appareil n'a été modifiée que dans ses détails. Il peut être branché sur 110 ou 220 volts, suivant que ses deux circuits sont en tension ou en

(¹) Séance du 10 mai 1915.
(²) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 448.

dérivation. Plus la puissance absorbée est considérable, plus l'appareil est efficace; pour des recherches rapides et pour retrouver facilement des projectiles petits et profonds, cette puissance ne doit pas descendre au-dessous de 3 kilowatts (puissance apparente, 30 ampères efficaces sur 110 volts et environ 50 périodes).

2° Pour rechercher les projectiles magnétiques dans les chairs, il faut disposer l'axe de l'électro-vibreur normalement à la région à explorer, puis placer les doigts bien à plat sur la peau, sans pression, exactement au-dessous du pôle de l'appareil, de manière qu'ils en restent à quelques millimètres, mais sans contact. L'électro-vibreur doit accompagner les doigts à mesure qu'ils se déplacent pour l'exploration, il reste toujours distant de quelques millimètres et toujours normal à la région explorée. Toute vibration perçue dans ces conditions est l'indice certain de l'existence d'un projectile magnétique. C'est au-dessous du point où la vibration est le plus intense que le projectile est le plus rapproché de la peau.

3° Pour éviter toute cause d'erreur dans l'origine des vibrations, il est indispensable de supprimer tout corps magnétique dans le voisinage du champ d'opération : se servir, pour étendre le blessé, d'une table en bois et, si c'est nécessaire, de quelques instruments en bronze, tels que sonde canelée, écarteurs, épingles à fixer les serviettes du champ.

4° Pour extraire le projectile, le chirurgien se renseigne *lui-même* par la perception sous son doigt des vibrations des tissus, cela à tous les temps de l'opération. Il est guidé par l'appareil dans ses recherches autant de fois qu'il le désire et de plus en plus sûrement vers le projectile, jusqu'à ce qu'il sente vibrer le métal sous son doigt.

5° Lorsque le projectile est intra-osseux, il met l'os entier en vibration et le diagnostic d'inclusion peut être fait; mais alors la localisation est parfois difficile; la radiographie peut être nécessaire. Par contre, il est difficile de distinguer, au sein des tissus, un projectile d'une esquille et de s'assurer après extraction qu'aucun fragment magnétique n'existe plus dans la plaie.

6° La vibration provoquée n'est jamais douloureuse pour le blessé; elle n'est même que très rarement sentie, il faut pour cela que le projectile magnétique soit gros, peu profond et le champ oscillant électromagnétique très puissant.

7° Les projectiles intra-pulmonaires sont les plus difficiles à repérer et à localiser. Cela s'explique par la mauvaise conductibilité du tissu pulmonaire pour les vibrations mécaniques. On y arrive cependant en se servant d'un électro-vibreur puissant.

8° L'emploi de l'électro-vibreur supprime complètement les échecs dans l'extraction chirurgicale des projectiles magnétiques (actuellement 95 pour 100), échecs auxquels donnent lieu bien souvent les méthodes si nombreuses de localisation par la radiographie et la radioscopie; il rend désormais inutile toute recherche antérieure et par conséquent : schémas, repères, calculs, figures géométriques, compas divers, tiges à introduire dans les plaies, etc. Il lui suffit de l'anesthésie locale dans la plupart des cas, d'incisions courtes; il évite les grands délabrements; il mène au résultat en peu de temps, souvent quelques secondes, au plus quelques minutes pour les projectiles très profonds; il ne présente, même lorsqu'on prolonge les

recherches, ni danger, ni même inconvénient pour le blessé, le chirurgien ou les assistants.

Enfin l'électro-vibreur a reçu l'approbation unanime et écrite de tous les chirurgiens, au nombre de plus de vingt, qui ont utilisé la méthode, sur le front ou dans les hôpitaux du territoire.

Son emploi va être officiellement généralisé dans le Service de Santé militaire.

CHIRURGIE. — *Les réactions biologiques de l'adénome prostatique.* Note (¹) de M. **Félix Legueu**, présentée par M. Guyon.

Dans les troubles locaux et généraux déterminés par l'hypertrophie prostatique, les phénomènes mécaniques ont, sans conteste, le rôle prédominant.

Mais l'adénome, qui se développe dans les glandes sous-urétrales au niveau de la partie profonde du canal et détermine mécaniquement la rétention, n'a-t-il pas d'autre influence sur l'organisme? Ne peut-il pas provoquer par lui-même d'importantes réactions biologiques? Certains faits fournis par l'observation clinique permettent de le croire.

J'ai été conduit à faire des recherches expérimentales comparatives et n'ai pas tardé à demander à l'examen du sang des prostatiques un complément de preuves. J'ai pu, avec le concours de mes élèves, poursuivre ces recherches depuis quelques années.

Ces travaux représentent un ensemble de faits concordants qui conduisent à d'intéressantes conclusions et permettent des affirmations.

Sur des chiens anesthésiés par le chloralose, à la dose de $0^g,10$ par kilogramme, nous avons fait, avec M. Gaillardot, des expériences comparatives. La prostate normale du chien, le fibrome utérin, l'adénome du sein furent injectés aux doses massives de 2^g par kilogramme d'animal. Nous n'avons jamais provoqué la mort et n'avons pas eu de troubles sérieux. Par contre, avec l'adénome prostatique de l'homme, nous avons observé de très graves accidents. Deux chiens ont été tués avec une dose de 1^g par kilogramme, trois ont été tués avec une dose de $0^g,50$; enfin, dans sept expériences, nous avons eu des accidents alarmants non mortels. L'adénome du chien s'est montré aussi toxique pour cet animal que l'adénome de l'homme.

(¹) Séance du 10 mai 1915.

L'analyse des accidents observés montre que, toujours, il y a eu une chute considérable de la pression artérielle ou de grands troubles de la respiration : arrêt, ralentissement, accélération. Dans certains cas, l'arrêt n'a pas cédé à la respiration artificielle.

L'hypotension fut toujours l'effet le plus constant. La chute de la pression artérielle fut considérable dans sept cas et plusieurs fois mortelle avec 1^g par kilogramme.

Bien qu'elle soit constante, la toxicité de l'adénome a une intensité variable; il importe de le savoir. Nous avons vu des injections de $0^g,50$ donner la mort, alors que des injections de 1^g déterminaient des accidents graves, mais non mortels.

Il ne suffisait pas de prouver par l'expérimentation la toxicité de l'adénome prostatique, nous devions rechercher dans l'économie les traces de cette toxicité. L'examen du sang des prostatiques nous a fourni d'intéressants témoignages; nous avons poursuivi l'étude pendant deux années avec nos élèves Morel et Chavannier.

Nous avons toujours trouvé une augmentation notable des polynucléaires éosinophiles. Leur augmentation va parfois jusqu'à 7 et 8 pour 100.

Cette éosinophilie est bien sous la dépendance de l'adénome prostatique; nous l'avons observée en dehors de toutes causes parasitaires qui la produisent habituellement.

Elle disparaît aussitôt que l'adénome est enlevé. Dès le lendemain, le taux des éosinophiles tombe au-dessous de la normale et n'y revient qu'au bout de 15 jours, et il y demeure. Le taux des éosinophiles ne dépassait pas la normale chez les malades revus plusieurs semaines ou plusieurs mois après.

L'éosinophilie est bien sous l'influence de l'adénome. Nous en avons eu la preuve sur les coupes histologiques faites avec notre élève Verliac. Autour de la tumeur, on voit une éosinophilie locale. Les éosinophiles se montrent dans la zone sous-endothéliale de l'urètre, de préférence au voisinage même de l'endothélium. Disséminés sans ordre apparent, ils ne se groupent pas plus autour des vaisseaux que des glandes, mais ils se localisent au voisinage et sont au contact de l'adénome.

Cependant, l'éosinophilie n'est pas proportionnelle au volume de l'adénome. Tel malade, dont l'adénome pesait 120^g, présentait une éosinophilie très légère (3 à 4 pour 100). Par contre, un autre, dont l'adénome ne pesait que 30^g, avait une forte éosinophilie (14 pour 100).

Depuis la publication de nos premières recherches, nous les avons

confirmées par de nombreuses observations, et nous les avons utilisées en clinique dans plusieurs circonstances.

Chez des malades atteints de très petits adénomes que nul moyen d'exploration ne pouvait déceler, nous avons, deux fois, après avoir constaté un taux d'éosinophiles de 14 et de 8 pour 100, pensé qu'il s'agissait d'adénome plutôt que de sclérose vésicale. L'opération nous permit d'enlever un petit adénome qui était la cause de la rétention.

Dans les cas où je restais hésitant entre un cancer de la prostate, un noyau d'induration ou un adénome, l'éosinophilie supérieure à 3 pour 100 m'a conduit à conclure pour l'adénome. Nous avons, dans six cas, rectifié le diagnostic de cancer antérieurement posé par nous.

J'avais le désir d'ajouter, à cet ensemble de faits, des recherches que les circonstances ne me permettent pas de poursuivre actuellement. Il sera très intéressant de savoir si la toxicité de l'adénome prostatique n'exerce pas une action sur la contractilité du muscle vésical.

La séance est levée à 16 heures.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 25 MAI 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. E. **Tisserand** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Des importations de viandes frigorifiées et congelées dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande et de l'influence qu'elles ont eue sur l'élevage et le prix de la viande en Angleterre*.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Sur les multiplicités linéaires invariantes par une substitution linéaire donnée*. Note de M. S. **Lattès**, présentée par M. Appell.

1. Dans une Note publiée aux *Comptes rendus* (t. 155, 1912, p. 1482), j'ai donné une forme canonique (C) des substitutions linéaires dans laquelle interviennent les *coefficients* de l'équation caractéristique (ou de certains diviseurs de cette équation), au lieu des *racines* de la même équation qui figurent dans la forme canonique classique (forme canonique de M. Jordan) : la nouvelle forme (C) peut être déduite de la substitution donnée par des opérations rationnelles [1].

---

[1] Le problème de la réduction, par des opérations rationnelles, d'une substitution linéaire a été traité par divers auteurs, en particulier par M. Nicoletti dans son Mémoire *Sulla riduzione a forma canonica d'una sostituzione lineare omogenea e*

En attendant la publication prochaine du Mémoire détaillé que j'annonçais dans la Note rappelée ci-dessus, je me propose d'indiquer ici comment la forme réduite (C) permet d'obtenir les multiplicités linéaires invariantes par la substitution donnée et d'en tirer quelques conséquences.

2. Plaçons-nous dans le cas où à chaque racine, simple ou multiple, de l'équation caractéristique correspond un seul diviseur élémentaire.

La forme réduite (C) est la suivante :

$$(C)\quad X_1 = x_2, \qquad X_2 = x_3, \qquad \ldots, \qquad X_{n-1} = x_n, \qquad X_n = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \ldots + c_n x_n$$

où $c_1, c_2, \ldots, c_n$ sont les coefficients de l'équation caractéristique

$$\Delta(S) = S^n - c_n S^{n-1} - c_{n-1} S^{n-2} - \ldots - c_2 S - c_1 = 0.$$

Soit $\Delta_1(S) = S^p + \alpha_1 S^{p-1} + \alpha_2 S^{p-2} + \alpha_{p-1} S + \alpha_p$ *un diviseur de* $\Delta(S)$. *La multiplicité* M_p, *définie par les équations*

$$(1)\quad \begin{cases} P_1 = x_{p+1} + \alpha_1 x_p + \ldots + \alpha_p x_1 = 0, \\ P_2 = x_{p+2} + \alpha_1 x_{p+1} + \ldots + \alpha_p x_2 = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ P_{n-p} = x_n + \alpha_1 x_{n-1} + \ldots + \alpha_p x_{n-p} = 0, \end{cases}$$

est invariante par la substitution (C). *Réciproquement, toute multiplicité linéaire invariante par* (C) *peut être obtenue ainsi à l'aide d'un certain diviseur de* $\Delta(S)$.

En effet, la substitution (C) transforme la multiplicité (1) en la suivante :

$$(2)\quad P_2 = 0, \qquad P_3 = 0, \qquad \ldots, \qquad P_{n-p} = 0, \qquad P_{n-p+1} = 0,$$

où l'on a posé

$$P_{n-p+1} = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \ldots + c_n x_n + \alpha_1 x_n + \alpha_2 x_{n-1} + \ldots + \alpha_p x_{n-p+1}.$$

Or, en exprimant que $\Delta_1(S)$ est un diviseur de $\Delta(S)$, on a une identité de la

---

di un fascio di forme bilineari (*Annali di Matematice*, 3[e] série, t. 14); mais, à ma connaissance, aucun d'eux n'indique explicitement, parmi les diverses formes réduites, qu'on peut obtenir, par des calculs rationnels, la forme particulièrement simple (C) qui paraît avantageuse dans diverses questions d'Analyse. M. Burnside (*Proceedings of the London Mathem. Society*, t. 30, p. 180) donne une méthode de réduction dans laquelle il est amené à introduire incidemment la substitution (C), mais il ne se sert de cette substitution que comme auxiliaire pour arriver à la forme classique de M. Jordan.

forme

(3) $$\Delta(S) \equiv (S^p + \alpha_1 S^{p-1} + \ldots + \alpha_p)(S^{n-p} + \beta_1 S^{n-p-1} + \ldots + \beta_{n-p}),$$

qui peut s'écrire

$$S^n - c_1 S^{n-1} - \ldots - c_2 S - c_1 - S^n - \alpha_1 S^{n-1} - \ldots - \alpha_p S^{n-p}$$
$$\equiv (S^p + \alpha_1 S^{p-1} + \ldots + \alpha_p)(\beta_1 S^{n-p-1} + \ldots + \beta_{n-p}).$$

Développons et ordonnons les deux membres de cette identité, puis remplaçons-y les puissances successives 1, S, S^2, ... de S par les variables x_1, x_2, ... respectivement. On obtient ainsi une identité, par rapport à ces dernières variables, qui s'écrit

(4) $$P_{n-p+1} \equiv -\beta_1 P_{n-p} - \beta_2 P_{n-p-1} - \ldots - \beta_{n-p} P_1,$$

et qui prouve que la multiplicité (2) transformée de (1) coïncide avec (1).

Réciproquement, on voit aisément que toute multiplicité invariante M_p peut être représentée par des équations de la forme (1) donnant lieu à une identité de la forme (4), d'où l'on déduit l'identité (3) qui démontre la réciproque énoncée plus haut.

Exemple. — Soit la transformation

$$X_1 = x_2, \quad X_2 = x_3, \quad X_3 = x_4, \quad X_4 = -x_1 - 4x_2 - 6x_3 - 4x_4.$$

On a : $\Delta(S) = (S+1)^4$. Aux diviseurs $S+1$, S^2+2S+1, S^3+3S^2+3S+1 de $\Delta(S)$ correspondent respectivement :

Un point invariant M_1 défini par les équations

$$x_2 + x_1 = 0, \quad x_3 + x_2 = 0, \quad x_4 + x_3 = 0;$$

Une droite invariante M_2 définie par les équations

$$x_3 + 2x_2 + x_1 = 0, \quad x_4 + 2x_3 + x_2 = 0;$$

Un plan invariant M_3 défini par l'équation

$$x_4 + 3x_3 + 3x_2 + x_1 = 0.$$

On voit que, si les coefficients de la substitution appartiennent à un certain domaine de rationalité, on peut déterminer, par des opérations rationnelles, celles des multiplicités invariantes qui correspondent à des diviseurs de $\Delta(S)$ rationnels dans le domaine considéré.

3. *Décomposition de* (C) *en plusieurs substitutions de même forme.* — Supposons $\Delta(S)$ décomposé en un produit de deux facteurs *premiers entre eux,* $\Delta_1(S)$, $\Delta_2(S)$ et soient

$$\Delta_1(S) = S^p - a_p S^{p-1} - a_{p-1} S^{p-2} - \ldots - a_2 S - a_1$$
$$\Delta_2(S) = S^q - b_q S^{q-1} - b_{q-1} S^{q-2} - \ldots - b_2 S - b_1 \qquad (p+q=n).$$

La substitution (C) *pourra être transformée en la suivante :*

$$(\mathrm{C}') \begin{cases} Y_1 = y_2, & Y_2 = y_3, & \ldots, & Y_{p-1} = y_p, & Y_p = a_1 y_1 + a_2 y_2 + \ldots + a_p y_p, \\ Z_1 = z_2, & Z_2 = z_3, & \ldots, & Z_{q-1} = z_q, & Z_q = b_1 z_1 + b_2 z_2 + \ldots + b_q z_q \end{cases}$$

et la transformation n'exigera que des calculs rationnels, si $\Delta_1(S)$, $\Delta_2(S)$ *sont rationnels.* Plus généralement, si $\Delta(S)$ est décomposé en un produit de k facteurs premiers entre eux deux à deux, on peut transformer (C) en une substitution (C′) formée de k groupes analogues au groupe (C).

Soient

$$P_1 = 0, \quad P_2 = 0, \quad \ldots, \quad P_q = 0,$$
$$Q_1 = 0, \quad Q_2 = 0, \quad \ldots, \quad Q_p = 0$$

les équations des deux multiplicités invariantes fournies par les diviseurs $\Delta_1(S)$, $\Delta_2(S)$. On démontre aisément que $P_1, P_2, \ldots, Q_1, Q_2, \ldots,$ constituent n formes linéaires indépendantes (conséquence du fait que Δ_1, Δ_2 sont premiers entre eux). On obtient alors la forme réduite (C′) en prenant les nouvelles variables

$$y_1 = Q_1, \quad y_2 = Q_2, \quad \ldots, \quad y_p = Q_p; \quad z_1 = P_1, \quad z_2 = P_2, \quad \ldots, \quad z_q = P_q$$

et en transformant (C) par cette dernière substitution.

En particulier, si les racines de l'équation caractéristique, $S_1, S_2, \ldots, S_n$, sont distinctes, on peut décomposer $\Delta(S)$ en n facteurs $(S - S_i)$ premiers entre eux deux à deux et la forme réduite (C′), composée alors de n groupes analogues à $Y_i = S_i y_i$, devient la forme canonique classique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse biochimique du mono-d-galactoside α du glycol éthylénique.* Note [1] de MM. **Ém. Bourquelot**, **M. Bridel** et **A. Aubry**, présentée par M. Jungfleisch.

Après avoir constaté que, contrairement à d'anciennes observations [2], la levure de bière basse, desséchée, renferme réellement un enzyme (galactosidase α) possédant la propriété d'hydrolyser les galactosides α, MM. H. Hérissey et A. Aubry [3] ont établi que, conformément à la doctrine de

---

(1) Séance du 17 mai 1915.

(2) Em. Fischer et L. Beensch, *Ueber einige synthetische Glucoside* (*Ber. chem. Ges.*, t. 27, 1894, p. 2478).

(3) *Synthèse biochimique du méthyl- et de l'éthylgalactoside α* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. 9, 1914, p. 225).

la réversibilité des actions fermentaires [1], cet enzyme possède également la propriété d'effectuer la réaction inverse. Ils ont pu, en effet, après de longs tâtonnements, réaliser, à l'aide d'un macéré de levure basse, la synthèse du méthyl- et de l'éthylgalactoside α.

C'est ce même produit que nous avons employé pour effectuer celle du monogalactoside α du glycol éthylénique.

On a fait dissoudre 45g de galactose dans 100cm³ d'eau distillée chaude. Après refroidissement, on a ajouté et mélangé d'abord 250g de glycol, puis 100cm³ de macéré de levure au cinquième et, enfin, une quantité d'eau suffisante pour faire en tout 500cm³. En opérant ainsi, on évite que le macéré soit, à aucun moment, en contact avec du glycol concentré qui altère certains ferments.

La solution renfermait donc, pour 100cm³, 50g de glycol et 9g de galactose. Elle accusait, au début de la réaction, une rotation ($l=2$) de $+12^\circ 48'$ [2]. On l'a abandonnée à la température du laboratoire, en ayant soin d'agiter de temps en temps. Voici les rotations observées jusqu'au moment où nous avons procédé à l'extraction du galactoside :

1er mai 1914	+12°48′
27 juin »	+16.40
1er août »	+18. 8
4 février 1915	+21.20

Ainsi en 9 mois environ, la rotation avait augmenté de 8°32′.

Extraction du galactoside. — Après avoir détruit le ferment en maintenant, pendant 20 minutes, le mélange à la température du bain-marie bouillant, on l'a filtré puis additionné de 4vol d'alcool à 95c, ce qui a provoqué la formation d'un abondant précipité. Le liquide, débarrassé du précipité par filtration, a été distillé au bain-marie, d'abord à la pression ordinaire pour retirer l'alcool, puis, sous pression réduite, pour éliminer l'eau.

On a essayé alors d'enlever le glycol par distillation à + 115° sous pression réduite; mais, le liquide noircissant rapidement, on a pensé qu'il était préférable de soumettre auparavant celui-ci à de nouvelles précipitations.

On l'a donc repris par 250cm³ d'alcool à 95c et l'on a ajouté à la solution 500cm³ d'éther sulfurique. On a précipité ainsi des matières provenant de la levure, le galactose, la

(1) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Synthèse de glucosides d'alcools à l'aide de l'émulsine. La réversibilité des actions fermentaires* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. 6, 1912, p. 164).

(2) Si le mélange n'avait pas renfermé de macéré de levure, lequel était assez fortement lévogyre, cette rotation eût été de $+13^\circ 44'$.

petite quantité de lactose existant dans le galactose employé et un peu de galactoside.

La solution ayant été débarrassée de l'éther et de l'alcool par distillation sur de l'eau chaude, on a traité le résidu par de l'acétone qui a enlevé le glycol et une notable partie du galactoside.

On a distillé la solution acétonique au bain-marie pour retirer l'acétone et, enfin, on a soumis le liquide restant à la distillation à $+115^{\circ}$, sous pression réduite, de façon à récupérer le glycol. Malgré toutes ces précautions, le résidu, qui avait la consistance d'un sirop épais, était tout à fait noir.

En quelques jours, ce sirop s'est pris en une masse de cristaux fortement colorés. On les a essorés puis dissous dans 25^{cm^3} d'alcool absolu bouillant, et l'on a filtré chaud. Par refroidissement, le liquide s'est encore pris en masse. On a essoré ces nouveaux cristaux, déjà beaucoup moins foncés; on les a lavés avec un peu d'alcool absolu et mis à sécher à l'air. Il y en avait environ 3^{g}. On les a purifiés par trois nouvelles cristallisations successives : les deux premières dans l'alcool absolu et la dernière dans l'alcool à 97^{c}, en ajoutant chaque fois un peu de noir animal.

Propriétés du galactoside. — Ce galactoside est constitué par des aiguilles incolores réunies en rosette. Il a une saveur très faiblement sucrée. Il est soluble dans l'eau et dans l'alcool. Il fond au bloc à $+134^{\circ}$ comme son stéréo-isomère β. Son pouvoir rotatoire est : $\alpha_D = +169^{\circ},9$ à la concentration de 1,7848 pour 100 ($p = 0,4462$; $v = 25$; $l = 2$; $\alpha = +6^{\circ}4'$; $t = 20^{\circ}$). Il ne réduit pas la liqueur cupro-potassique.

Hydrolyse par l'acide sulfurique dilué. — Cette hydrolyse a été effectuée en chauffant à 100°, pendant 6 heures, une solution aqueuse renfermant, pour 100^{cm^3}, $0^{g},8924$ de produit et 3^{g} de SO^4H^2. La rotation a passé de $+3^{\circ}2'$ à $+1^{\circ}8'$ et il s'est fait, pour 100^{cm^3}, $0^{g},700$ de sucre réducteur. Ces résultats correspondent à un monogalactoside : $C^6H^{11}O^5.O.CH^2.CH^2OH$ (galactose théorique pour $0^{g},8924$ de galactoside $= 0^{g},717$).

Hydrolyse par le macéré de levure basse (galactosidase α). — A 10^{cm^3} de la solution de galactoside à $1^{g},7848$ pour 100^{cm^3}, on a ajouté 10^{cm^3} de macéré de levure à 2^{g} pour 100^{cm^3}. Le mélange, correction faite pour la rotation due au macéré, accusait une rotation ($l = 2$) de $+3^{\circ}2'$. On l'a abandonné à la température du laboratoire. La rotation s'est abaissée en 3 jours à $+2^{\circ}34'$, en 7 jours à $+2^{\circ}22'$ et en 10 jours à $+2^{\circ}10'$. On remarquera la lenteur de la réaction hydrolysante, lenteur qui rappelle celle de la réaction synthétisante et qui s'explique par la faible quantité de galactosidase α présente dans le macéré.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la constante capillaire de l'eau de mer*. Note de M. **Alphonse Berget**, présentée par S. A. S. le Prince de Monaco.

L'importance des déterminations de la densité des eaux de mer et l'usage fréquent des aréomètres en vue de cette détermination m'ont conduit à déterminer la constante capillaire de l'eau de mer.

J'ai à cet effet employé la méthode de l'ascension dans des tubes étroits. Mais pour éviter la visée, toujours incertaine, du niveau du liquide dans le vase inférieur, j'ai mesuré la différence de hauteur dans deux tubes fins, de diamètres différents. Les tubes étaient assez étroits pour qu'on pût considérer les ménisques comme hémisphériques.

Dans ces conditions on est en droit d'appliquer la formule

$$\frac{2\alpha}{D} = r\left(h + \frac{1}{3}r\right)$$

dans laquelle α est la constante capillaire (exprimée en milligrammes par millimètre), D la densité du liquide, h la hauteur d'ascension et R le rayon intérieur du tube.

On a ainsi pour les deux tubes, de rayons r et R,

$$h = \frac{2\alpha}{rD} - \frac{1}{3}r \qquad h' = \frac{2\alpha}{RD} - \frac{1}{3}R$$

d'où

$$h - h' = \frac{2\alpha}{D}(R - r)\left(\frac{1}{Rr} + \frac{1}{3}\right)$$

on en déduit

$$\alpha = (h - h')\frac{D}{2} \times \frac{3Rr}{(R - r)(3 + Rr)} = (h - h')\frac{D}{2}K$$

en posant

$$K = \frac{3Rr}{(R - r)(3 + Rr)}.$$

Les deux tubes que j'ai employés ont été mesurés au microscope à fil micrométrique. Comme leur section fut trouvée légèrement elliptique, on a dû prendre comme valeur de leur rayon la racine carrée des produits de leurs demi-arcs respectifs, $\sqrt{ab}$. Les deux rayons ainsi déterminés étaient respectivement

$$R = 0^{mm},400 \qquad \text{et} \qquad r = 0^{mm},175.$$

Cela donnait pour la constante K la valeur C = 0,303. Les différences de hauteur du liquide dans les deux tubes étaient mesurées au cathétomètre.

J'ai opéré successivement sur une eau de mer artificielle, sur de l'eau de mer de Monaco, sur cette dernière eau à différents degrés de dilution, et

enfin sur de l'eau distillée. Ces expériences ont été faites à la température de 12°, 5. Voici les résultats obtenus :

Liquide.	Densité.	Salinité (en millièmes).	Différence de hauteur (en mm).	Constante capillaire à 12°,5 (en mgr par mm).	Constante capillaire à 0° (en mg par mm).
Eau de mer artificielle.	1,0350	45,00	48,38	7,587	7,812
Eau de Monaco......	1,0303	37,70	48,40	7,553	7,778
Eau diluée (1).......	1,0222	27,64	48,44	7,502	7,727
» (2).......	1,0153	19,05	48,48	7,459	7,684
» (3).......	1,0081	10,10	48,53	7,410	7,635
Eau distillée.........	1,0000	0,00	48,56	7,357	7,582

Le coefficient de température a pour valeur moyenne 0,018, soit environ $\frac{1}{422}$ par degré.

On voit, par l'examen des résultats précédents, que la constante capillaire de l'eau de mer de salinité moyenne de $\frac{35}{1000}$ et de $7^{mg},75$ par millimètre, a une importance considérable dans les mesures aréométriques. Un aréomètre dont la tige a 4^{mm} de diamètre subit, de haut en bas, du fait de la capillarité, une traction égale à 97^{mg}, c'est-à-dire à près de 1^{dg}. Le volume total d'un tel instrument étant de 88^{cm^3}, cela correspond à une erreur de $\frac{1}{880}$, c'est-à-dire de plus de $\frac{1}{1000}$. Quant aux variations de la constante capillaire dont la valeur, qui croît linéairement, va de 7,58 à 7,77, c'est-à-dire qui atteignent environ $\frac{1}{30}$ de sa valeur numérique, elles affectent la dernière décimale de la densité. Il est donc essentiel d'en tenir compte dans la construction des aréomètres. Si l'on gradue ces instruments par comparaison avec un étalon construit en tenant compte de la valeur de la constante capillaire, les divisions ne seront exactes que sous la condition qu'on ait

$$\frac{p}{r} = \frac{P}{R},$$

p et P étant les poids respectifs de l'aréomètre et de l'étalon, r et R les rayons respectifs de leurs tiges.

BOTANIQUE. — *Balancement organique entre le pédicelle du chapeau femelle et le pédicelle du sporogone, dans le* Lunularia vulgaris. Note (¹) de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note antérieure (²) j'ai cherché à faire voir que, dans le *Lunularia vulgaris*, le *Fegatella conica*, une entrave expérimentale apportée au développement du pédicelle du chapeau femelle déterminait un développement plus marqué du pédicelle du sporogone dans ces mêmes Hépatiques. J'ai profité, en 1914, de la formation abondante de sporogones dans des *Lunularia vulgaris* d'une station de Rennes pour pousser plus loin l'étude du cas particulier que j'envisage, en faisant des expériences et recueillant dans l'alcool des échantillons que je viens d'examiner.

Rappelons que, dans cette hépatique, le pédicelle du chapeau femelle, bien qu'appartenant au Gamétophyte, ne s'allonge que lorsque les spores sont mûres, de juillet à septembre, alors que la fécondation se fait vers février, commencement de mars; enfin que l'allongement de ce pédicelle se fait rapidement, en quelques jours, de la même manière que cela se produit dans *Fegatella conica*, comme Cavers l'a indiqué (²) et comme je l'ai constaté plusieurs fois.

Pour entraver cet allongement au moment où il paraissait commencer, j'ai recouvert les chapeaux avec des briques. Dans ces conditions, les pédicelles, ne pouvant plus se dresser verticalement, se contournaient et devenaient plus ou moins trapus. En même temps, les pédicelles des sporogones s'allongeaient et l'allongement se montrait plus grand que dans les cas normaux des pédicelles de sporogones formés sur des chapeaux femelles développés librement.

Les différences de longueur peuvent être mises en relief par la comparaison des mesures suivantes, prises dans un grand nombre, et de leurs moyennes mises en bas du Tableau.

(¹) Séance du 17 mai 1915.

(²) Pierre Lesage, *Sur le balancement organique entre le pédicelle du chapeau femelle et le pédicelle du sporogone dans les Marchantiacées* (*Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, 1910).

(³) Cavers, *On the Structure and Biology of* Fegatella conica (*Annals of Botany*, t. 18, n° 69, January, 1904).

Chapeaux femelles normaux. Longueur du pédicelle du chapeau femelle.	des sporogones.	Chapeaux femelles sous briques. Longueur du pédicelle du chapeau femelle.	des sporogones.
mm	mm	mm	mm
28	2,25	15	4
12	2,25	15	3,50
23	2,50	16	3,50
32	2,25	10	4
25	2,25	14	3,50
24	2,30	14	3,70

La conclusion qui ressort de cette comparaison est que les pédicelles des sporogones sont plus longs sous briques que dans les conditions normales, alors que les pédicelles des chapeaux femelles sont beaucoup plus courts. C'est en cela qu'il y aurait un balancement organique dans le développement de ces deux sortes de pédicelles appartenant, l'un au gamétophyte, l'autre au sporophyte.

Mais est-ce que les différences indiquées tiennent uniquement à l'entrave apportée à l'allongement du pédicelle du chapeau femelle, y a-t-il vraiment balancement organique? En posant une brique sur les *Lunularia*, on supprime l'accès de la lumière et l'on augmente l'humidité du milieu dans lequel se développe le chapeau femelle. Jusqu'à présent, je n'ai pu envisager que ce dernier cas et le discuter expérimentalement. Pour cela, j'ai placé sur les *Lunularia* de petites cloches de verre qui maintenaient un éclairage sensiblement normal et n'entravaient pas l'élongation du pédicelle du chapeau femelle, mais elles renfermaient ceux-ci dans une atmosphère beaucoup plus humide que dans les cas normaux et dans une humidité comparable à celle des *Lunularia* développés sous briques.

Voici des mesures prises dans ces expériences et qu'on peut comparer aux précédentes.

Longueur du pédicelle du chapeau femelle.	des sporogones.
mm	mm
35	3,5
32	3,5
30	3
20	3
18	3
27	3,2

Ici l'humidité intervient pour provoquer un allongement du pédicelle du chapeau femelle un peu plus grand que dans le cas normal. Ceci a déjà été indiqué par Bolleter (¹) pour le *Fegatella conica*. Mais elle déterminait aussi un allongement du pédicelle du sporogone plus grand que dans les cas normaux, sans que cet allongement atteigne toutefois 4^{mm}, comme sous les briques.

Alors on est amené à penser que plusieurs causes déterminent l'excès d'élongation du pédicelle des sporogones sous les briques sur l'élongation de ce même pédicelle dans les conditions ordinaires : une partie de cet excès serait due à une humidité plus grande et une autre partie, à l'entrave apportée au développement du pédicelle du chapeau femelle. Comme ce dernier pédicelle se montre sous les briques manifestement plus court que dans les conditions ordinaires, que sous cloche, il n'est pas exagéré de voir dans ces faits, entre les deux sortes de pédicelles, la possibilité d'un balancement organique qui pourrait se traduire de la manière suivante : quand on entrave l'allongement du pédicelle du chapeau femelle, le pédicelle du sporophyte s'allonge davantage.

Mais cette étude n'est pas complète et ne comporte pas une conclusion définitive; j'aurais donc pu attendre des expériences plus décisives pour signaler ces faits. Malheureusement il n'est pas toujours facile de trouver, à des états convenables, cette Hépatique dont la fructification est loin de se faire, ici, régulièrement tous les ans et je puis attendre assez longtemps des états favorables pour faire de nouvelles expériences. Dans ces conditions, il me paraît utile et intéressant de signaler ces faits dès maintenant.

ANTHROPOLOGIE. — *Anthropométrie comparative des populations balkaniques.* Note (²) de M. **Eugène Pittard**, présentée par M. A. Laveran.

Dans une Note précédente (³) j'ai indiqué les principaux résultats de mon enquête anthropologique dans la péninsule des Balkans. J'ai exposé les documents comparatifs concernant la taille et ses segments et les principales grandeurs du crâne. Il reste à résumer ce qui concerne l'indice

(¹) Eugen Bolleter, *Fegatella conica* (L.) *Corda : Eine morphologisch-physiologische Monographie* (*Inaugural-Dissertation der Universität Zürich*, 1905, p. 44).

(²) Séance du 17 mai 1915.

(³) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 642.

céphalique et les caractères anthropométriques de la face, chez les diverses populations balkaniques.

I. *L'indice céphalique.* — L'indice céphalique moyen des populations balkaniques que nous avons étudiées est indiqué selon sa valeur croissante :

Bulgares	79,88	Roumains	82,92
Serbes	80,42	Tatars	83,80
Grecs	82,23	Albanais	87,12
Turcs	82,24		

Les Bulgares sont des sous-dolichocéphales, les Serbes des mésocéphales; les Grecs, Turcs, Roumains et Tatars sont, en moyenne, des sous-brachycéphales; les Albanais sont des hyperbrachycéphales.

La Péninsule des Balkans est donc une région habitée principalement par des populations sous-brachycéphales. Sur ce fond général on voit poindre, en certains endroits, des groupes sous-dolichocéphales (Bulgarie) et aussi des groupes très fortement brachycéphales (Albanais).

Ce Tableau montre la complexité des éléments ethniques de la péninsule. Il ne faudrait cependant pas l'exagérer. Et, en ne tenant compte que des caractères somatologiques étudiés jusqu'à présent, il semble admissible que les populations de la presqu'île des Balkans peuvent trouver leurs attaches primitives dans un petit nombre de groupes ethniques primitifs : 1° un élément de haute taille, faiblement dolichocéphale ; 2° un élément de haute taille brachycéphale; leurs mélanges ont pu créer les formes crâniennes intermédiaires tout en conservant la stature élevée. Le groupe bulgaro-serbe appartiendrait au premier type; le groupe albanais au second. Ce qui manque à l'anthropologie des pays balkaniques, ce sont les documents ostéologiques anciens, préhistoriques et protohistoriques; puis c'est, pour la période moderne des invasions asiatiques, une connaissance suffisante des caractères ethniques de ces envahisseurs.

L'indice céphalique moyen donne une image insuffisante et, quelquefois, erronée du caractère crâniologique d'un groupe humain. Voici donc la répartition des formes céphaliques extrêmes, pour les populations indiquées ci-dessus. Nous laissons à part les formes mésaticéphales. Pour les connaître il suffira d'établir la différence entre les deux autres formes crâniennes. Les populations balkaniques sont rangées selon la valeur croissante de l'indice céphalique moyen. Les chiffres représentent des proportions pour 100.

	Formes	
	dolichocéphales.	brachycéphales.
Bulgares	54	24
Serbes	39,2	29,8
Grecs	33,79	48,96
Turcs	28,3	49,6
Roumains	24,3	58,3
Tatars	20,3	61,3
Albanais	8,9	79,5

L'ordre croissant de l'indice céphalique moyen se maintient le même dans ce Tableau. Pour la péninsule des Balkans dans son ensemble, l'indice céphalique moyen (nous parlons ici de nos études personnelles) est 82,66.

II. *Les caractères de la face.* — En premier lieu, les principaux diamètres transversaux (en millimètres) :

	Diamètre		Largeur		Biangulaire		Ouverture	
	bijugal.	bizygomatique.	du nez.	de l'oreille.	extérieur.	intérieur.	palpébrale.	Bouche.
Serbes	130,7	137,9	36,3	35,4	97,4	31,5	32,4	56,6
Grecs	132,4	139,9	35,9	35,9	97,1	31,1	33,1	56,1
Bulgares	133,1	140,5	36,6	36,9	96,8	31,3	32,7	58,3
Roumains	133,5	141,2	35,4	35,3	96,9	32,9	32	53,5
Albanais	131,28	140,7	35,3	36,1	96,5	30,7	32,9	56
Turcs	131,9	141,4	36,6	36,3	97,6	31,5	33	56,7
Tatars	134,9	143,5	37,4	35,9	97,8	32	32,8	55

Ce sont les Serbes qui, de toutes les populations de la péninsule, ont le visage le plus étroit dans la région bijugale et bizygomatique. Et cette étroitesse est d'autant plus marquée que les Serbes sont des hommes de taille élevée. Les plus forts diamètres bijugaux et bizygomatiques sont ceux des Tatars. Ce groupe ethnique, chez qui survit encore du sang mongoloïde, est remarquable par la largeur de sa face et la saillie latérale de ses zygomas. Ce sont eux qui ont aussi la plus grande largeur du nez.

Les chiffres contenus dans le Tableau ci-dessus augmentent d'intérêt si on les compare à ceux qui représentent les principales grandeurs verticales du visage. Nous exprimons celles-ci dans le Tableau suivant (en millimètres) :

	Ophryo-			Alvéolo-	Longueur	
	mentonnier.	alvéolaire.	nasal.	mentonnier.	du nez.	de l'oreille.
Serbes	141,4	93,5	74,4	47,9	50,9	63,7
Grecs	145,3	96,8	77,1	47,1	52,3	63,5
Bulgares	146,1	95,8	75,5	50,2	51,9	63,1
Roumains	144,7	99,5	76,2	45,2	51,3	61,6
Albanais	146,7	96,5	77,3	50,2	51,3	63,7
Turcs	149,1	98,7	79,5	50,6	52,4	63,9
Tatars	151,4	101,9	82,6	49,5	53	65,1

Les Serbes sont encore ceux qui possèdent le plus faible diamètre vertical. Les distances ophryo-mentonnière et ophryo-alvéolaire sont, chez eux, plus courtes que chez toutes les autres populations étudiées ici. Pour ces deux dimensions, les chiffres les plus élevés sont ceux des Tatars. Ces derniers ont donc une face à la fois longue et large. Ils possèdent la face la plus forte des Balkaniques.

La distance alvéolo-mentonnière peut servir à représenter, approximativement, la hauteur de la mandibule. Ce sont les Roumains qui possèdent cette région du visage la moins développée. Après eux viennent les Grecs, puis les Serbes. Si une plus faible hauteur mandibulaire peut servir à représenter un caractère de supériorité évolutive, on voit l'interprétation favorable qu'on peut donner au diamètre moyen des Roumains. Par contre, les Turcs, les Albanais et les Bulgares seraient moins favorisés. L'indice facial est le rapport de la hauteur totale ophryo-mentonnière au diamètre bizygomatique. Ce sont les Turcs qui possèdent l'indice le plus élevé (105,38). Ce sont des hommes au visage très long. A l'autre bout de la série, les Roumains montrent l'indice facial le moins élevé (102,53). Ceux-là sont de véritables chamæprosopes. Les autres populations de la péninsule présentent les indices suivants : Serbes (103,29); Grecs (103,7); Bulgares (103,99); Albanais (104,01); Tatars (104,92).

L'indice nasal moyen de chacun des groupes ethniques présente des variations intéressantes à retenir. Sur sept des populations considérées, il y en a quatre (Grecs, Roumains, Albanais, Turcs) qui sont leptorrhiniennes et trois (Serbes, Bulgares, Tatars) qui sont mésorrhiniennes. L'indice le plus faible (68,43) est celui des Grecs. Ce caractère correspond avec celui que la statuaire antique a donné à ce peuple. A la suite des Grecs viennent les Albanais (68,84) que certains auteurs veulent considérer comme les descendants des Pélasges. Puis nous trouvons les Turcs (69,74) et les Roumains (69,90). Les indices moyens des groupes ethniques mésorrhiniens sont les suivants : Serbes (73,45); Tatars (70,97); Bulgares (70,88). L'indice nasal moyen des Serbes met cette population à une place à part dans l'ensemble des peuples balkaniques. La mésorrhinie accentuée qu'il présente peut servir (avec d'autres caractères) à lui chercher une parenté effective dans les groupes slaves venus au VIe siècle dans la péninsule. Les Tatars, qui ont du sang mongoloïde, ont une mésorrhinie moins prononcée.

Les chiffres fournis pour représenter les dimensions du pavillon de l'oreille montrent que les Tatars ont une oreille extrêmement développée. Ce sont de véritables mégalothes. Nous avons montré, cependant, que le

développement de l'oreille a lieu proportionnellement au développement de la stature. Or les Tatars (voir notre première Note) sont, avec les Roumains, les hommes les moins grands de la péninsule des Balkans.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Emploi des vibrations solidiennes de la voix, en téléphonie avec fil et sans fil, ainsi qu'en phonographie.* Note (¹) de M. **Jules Glover**, présentée par M. d'Arsonval.

Depuis octobre 1914, l'auscultation de la voix et des bruits anormaux, à l'aide de groupes de microphones, chez des blessés et malades militaires à l'hôpital Beaujon, m'a fait concevoir, dès le début de mes observations, tout l'intérêt et le profit qu'on peut retirer, en téléphonie avec fil et sans fil, ainsi qu'en phonographie, de l'utilisation des *vibrations vocales solidiennes*.

En effet, jusqu'à ce jour, la téléphonie particulièrement ne s'est adressée, dans ses diverses périodes de perfectionnement, à l'aide de multiples appareils, qu'aux vibrations aériennes de la voix.

Il en résulte un inconvénient : celui d'enregistrer, en même temps que la voix, des vibrations parasites, provenant les unes de la vibration de l'appareil lui-même, les autres venant des milieux ambiants.

Dans ces conditions, il devenait logique de penser, en auscultant la voix directement à l'aide de microphones, d'obvier à ces imperfections, en recueillant les vibrations vocales, sans l'intermédiaire d'appareils vibrants et simplement à l'aide de microphones, tenus à l'abri des vibrations aériennes, ambiantes, par un dispositif spécial.

Les présentes recherches ont pour but de démontrer, d'une façon indiscutable, la possibilité que j'ai eue de réaliser pour la première fois, *sur les réseaux urbains* et *interurbains* en batterie centrale intégrale, la *téléphonie purement solidienne*, sans aucunement utiliser l'onde vocale aérienne à l'issue des organes vocaux, bouche et nez, et en laissant entièrement libres les mains pour écrire, la direction du regard pour lire.

En 1913 (*Comptes rendus*, 14 avril 1913 et 27 mars 1911) j'ai proposé d'ajouter, en les recueillant séparément, les variations du courant microphonique *nasal* à la téléphonie aérienne courante. J'ai obtenu plus d'inten-

(¹) Séance du 17 mai 1915.

sité et de netteté, plus de clarté vocale; la voix ainsi transmise semble plus rapprochée.

La présente Note a pour objet de prouver qu'il est possible de *multiplier plus encore* ces variations du courant microphonique, autant que les vibrations produites par la voix le permettent, par la simple adjonction, aux appareils habituels, d'un ou plusieurs microphones additionnels, isolés du milieu ambiant au point de vue acoustique et électromagnétique, et destinés à recueillir à la surface du corps les vibrations solidiennes de la voix.

L'organe vocal de l'homme, dans les conditions physiologiques où se produit la voix, provoque, dans le milieu où il fonctionne, un double effet vibratoire *aérien* et *solidien*. A ces conditions physiologiques doivent répondre des conditions physiques exactement parallèles.

Le branle vocal est en même temps aérien et solidien. Le nouveau perfectionnement que je propose aura précisément pour but de rendre la *téléphonie en même temps aérienne et solidienne*.

Les vibrations solidiennes de la voix sont la conséquence du jeu physiologique des organes de la formation verbale.

Telle qu'elle se présente, la téléphonie purement solidienne semble destinée à une utilisation courante, suivant la capacité électrique du circuit. La voix est d'une pureté toute particulière et d'une grande netteté, ainsi que l'indiquent les tracés oscillographiques.

Mais la téléphonie en même temps aérienne et solidienne transmet la voix avec *l'intensité la plus considérable*, avec la clarté la plus grande et la proximité la plus immédiate, en somme avec la portée la plus considérable.

On voit tout de suite à l'avance tous les avantages qui existent à ne pas perdre de vue la physiologie vocale pour l'étude du perfectionnement de la téléphonie et du phonographe. Et la connaissance de la physiologie vocale est indispensable pour mettre à profit avec méthode en téléphonie et en phonographie toutes les variétés d'oscillations produites par la voix humaine.

Les applications du perfectionnement physiologique qui vient d'être exposé sont multiples pour la téléphonie avec fil et sans fil, ainsi que pour le phonographe. Des appareils très simples, basés sur ce principe, ont déjà été construits et expérimentés au laboratoire.

RADIOLOGIE. — *Procédé de localisation radioscopique des projectiles dans le corps humain.* Note (¹) de M. **Jean Villey**, présentée par M. E. Bouty.

Le dispositif nouveau ici décrit ne donne pas une précision plus grande que d'excellents compas déjà en usage, comme l'appareil de Hirtz : une incertitude de quelques millimètres restera toujours inévitablement liée à l'emploi de repères cutanés et à la déformabilité du corps humain. A cause de cette déformabilité, il est toujours avantageux de faire la localisation dans la position que devra reprendre le sujet sur la table d'opération.

Le réglage que j'ai employé donne la position du projectile par une suite d'opérations purement mécaniques, sans faire intervenir ni épure ni calculs, si simples soient-ils; il évite la dépense des plaques radiographiques et les manipulations du développement; enfin le matériel qu'il exige peut être facilement construit n'importe où et à peu de frais.

Construction. — Les divers éléments de ce dispositif sont :

1° *Une planche à dessin,* d'environ $50^{cm} \times 65^{cm}$.

2° *Des cales d'immobilisation.* Ce sont des poutrelles de bois de 2^{cm} de côté et 8^{cm} à 10^{cm} de longueur, garnies, sur une de leurs faces latérales, de sangle imprégnée d'arcanson (poids égaux de résine et de cire d'abeilles, fondus ensemble).

3° *Le compas.* Constitué de *pieds d'acier* du commerce (5^{mm} de diamètre) réunis entre eux par des joints d'angle réglable, qu'on peut bloquer dans une position arbitraire. Une branche servira de support commun à trois (ou quatre) branches, aiguisées en pointes mousses, qui constituent les bras repéreurs. Cet ensemble est porté par un support en deux parties : l'une restera, une fois fait le réglage, invariablement liée au compas; l'autre, qui comporte une petite base plane de fonte garnie de toile arcansonnée, restera collée sur la planche; le joint qui les réunit est un joint fixe, bien ajusté et repéré : il permet d'enlever le compas et de le refixer ensuite à la planche exactement dans la même position. Un dernier joint réglable permet de fixer sur le compas le bras-guide de l'aiguille localisatrice : c'est encore un pied d'acier au bout duquel est brasé, en T, un petit tube cylindrique de quelques centimètres de longueur. Dans ce tube coulisse à frottement doux une aiguille d'acier, aiguisée en pointe mousse, qui guidera le chirurgien vers le projectile.

4° *Les viseurs.* Sur une petite base plane de fonte arcansonnée, identique à celle du support de compas, est vissé verticalement un pied d'acier qui porte, par un joint rectangulaire, un bras horizontal. Les bras horizontaux sont encore réalisés avec les mêmes pieds d'acier; à l'extrémité, on soude une petite croix découpée à la lime dans

(¹) Séance du 17 mai 1915.

de la feuille d'acier mince et percée, en son centre, d'un trou circulaire (l'axe de la baguette est un diamètre de ce trou).

Technique opératoire. — Avec ce matériel, on peut réaliser en 20 minutes une localisation, par la série suivante d'opérations :

1° *Immobilisation du sujet.* — Le sujet est étendu sur la planche, dans la position choisie, et l'on moule contre lui, avec les poutrelles, deux ou trois surfaces d'appui.

Il suffit de passer la face arcansonnée dans une flamme d'alcool et de l'appliquer fortement pour coller les poutrelles sur la planche ou les unes sur les autres (on les décolle, dans la suite, en les frappant d'un coup sec).

2° *Repérage du corps par rapport à la planche.* — Le compas est collé, par son support, sur la planche. On règle les joints variables pour que les trois bras repéreurs viennent toucher le corps en trois points qu'on marque d'une façon indélébile sur la peau. On bloque alors tous ces joints, et l'on détache le joint fixe, pour enlever le compas.

3° *Repérage du projectile par rapport à la planche.* — L'ampoule étant en place, on colle sur la planche deux viseurs, et l'on amène les ombres de leurs croix sur celle du projectile (il est bon pour cela que les deux croix soient construites inclinées à 45° l'une par rapport à l'autre). Les trous de ces deux viseurs déterminent alors une droite qui passe par le projectile.

En plaçant l'ampoule dans une autre position, on pourra de même déterminer une deuxième droite passant par le projectile. Leur intersection repère la position de celui-ci, avec une précision d'autant meilleure qu'elles font entre elles un angle plus grand.

On enlève le sujet, après avoir contrôlé avec le compas qu'il est resté parfaitement immobile. On enfile deux aiguilles d'acier dans les deux couples de viseurs, et l'on repère leur point de rencontre O avec la pointe d'un petit trusquin collé sur la planche : on peut alors enlever les viseurs.

4° *Repérage du projectile par rapport au corps.* — On remet le compas exactement en place, grâce à son joint ajusté. On fixe alors dessus, par un joint réglable, le bras-guide, de telle façon que l'aiguille localisatrice vienne passer en O, et l'on serre sur cette aiguille un butoir, qui l'arrête dans son manchon-guide quand sa pointe arrive en O.

On bloque fortement tous les joints réglables : le compas forme alors, avec son bras-guide, un ensemble indéformable. Quand on appliquera les pointes de repère aux trois points marqués sur la peau, l'aiguille localisatrice indiquera la direction du projectile; si on la fait pénétrer dans l'incision chirurgicale, sa pointe arrivera sur celui-ci, en même temps que le butoir sur le manchon cylindrique.

Il est bon d'avoir un second bras-guide : si le premier n'est pas orienté dans l'incision que choisit le chirurgien, on fixera le second, en le réglant pour que son aiguille localisatrice arrive, sous une incidence plus favorable, au point déjà repéré par la première.

Localisation radiographique. — Si le réglage radioscopique ne peut être fait, par suite d'opacité excessive ou de difficultés de mise en place de l'écran, on peut faire une localisation radiographique basée sur le même principe : on placera le châssis photographique dans une position arbitraire, mais bien repérée par rapport à la planche (appuis en poutrelles arcansonnées). On tirera deux radiographies sur la même plaque, en repérant les deux positions du centre d'émission. On remettra, après développement, la plaque dans la position qu'elle occupait à l'impression : deux fils, tendus entre les centres des deux ombres et les centres d'émission qui les ont produites, détermineront, par leur intersection, la position du projectile.

Le repérage du point d'émission peut être fait en appliquant le principe même du compas : deux pieds fixés sur la planche porteront des bras à coulisse qu'on orientera pour que leurs prolongements passent au centre de l'anticathode; le point où ils viendront se rencontrer, une fois l'ampoule enlevée, repère la position du centre d'émission.

Remarque. — On pourra construire un dispositif plus soigné avec une planche d'aluminium portant de nombreux trous taraudés, pour y visser les différentes pièces du montage, au lieu de les coller à l'arcanson.

Ce m'est un très agréable devoir d'exprimer toute ma gratitude à M. le médecin-major Maurice Auvray, chirurgien des hôpitaux de Paris, qui a bien voulu me guider de ses conseils et faire les expériences qui m'ont amené au montage opératoire décrit ci-dessus. M. Frank Duncombe et M. le Dr Lebailly m'ont fort aimablement prêté un concours actif et précieux dont je leur suis très reconnaissant.

MÉDECINE PROPHYLACTIQUE. — *Document sur la vaccination antityphoïdique par la voie gastro-intestinale.* Note de M. **J.-P. Dubarry**, présentée par M. A. Chauveau.

Ce document est constitué par des observations recueillies sur des prisonniers de guerre internés dans la ville de Toulouse, du 10 octobre au 30 novembre 1914.

Un millier de prisonniers avaient été répartis en trois cantonnements pourvus de vastes locaux, parfaitement aménagés au point de vue hygiénique.

Le premier cantonnement, situé rue des 36-Ponts, renfermait 200 hommes environ, dont 45 officiers, qui se maintinrent d'ailleurs dans un état sanitaire très satisfaisant.

Le deuxième cantonnement, le plus important, celui des Assomptionnistes, contenait 400 prisonniers. Ces hommes se ressentaient des dures fatigues et des privations multiples de la campagne de la Marne. Cinq à six d'entre eux se présentaient à la visite quotidienne du médecin toujours avec la même plainte : coliques, diarrhée.

L'administration d'une purgation et de quelques pilules d'opium suffisait, dans la généralité des cas, à apaiser ces malaises.

Une dizaine cependant, présentant des symptômes d'embarras gastrique plus accusé, durent être isolés pendant quelques jours dans l'infirmerie du Dépôt. Parmi eux, trois durent être évacués sur l'hôpital spécial avec un diagnostic ultérieurement confirmé de fièvre typhoïde.

Enfin, *au cantonnement des Docks Compans*, l'état sanitaire apparut immédiatement mauvais. Le 10 octobre, sur 216 hommes d'effectif, il y avait 20 malades à la visite du médecin, se plaignant de fièvre, mal de tête, coliques et diarrhée.

Une infirmerie organisée dans une des dépendances du Dépôt reçut les plus fatigués (une centaine pour les 7 semaines de notre observation).

Malgré les soins les plus sérieux et les plus diligents, les symptômes d'embarras gastrique fébrile s'aggravaient bientôt pour quelques-uns.

Dès le 12 octobre, une première évacuation avec la mention *dothiénentérie* dut être faite. Successivement 49 évacuations devinrent nécessaires, suivies d'ailleurs de 20 décès.

Vers le 15 novembre, les mesures de prophylaxie les plus énergiques étaient prises et, parmi ces mesures, la vaccination antityphoïdique de tous les prisonniers.

M. le Dr Borel, de l'Institut Pasteur, en service à Toulouse, avait bien voulu nous aider de ses conseils si autorisés et, comme parmi nos prisonniers un grand nombre nouvellement arrivés paraissaient peu aptes à

recevoir l'injection du sérum antityphoïdique, en raison de leur débilité, il nous engagea à expérimenter sur ceux-là les effets de l'entéro-vaccin que MM. Lumière avaient mis à la disposition du Service de santé.

Dès le 24 novembre, nous commencions avec la collaboration de notre confrère et ami M. le Dr Lasaigues, aide-major des Dépôts, la vaccination antityphoïdique à raison de 1^{cm^3} pour la première injection, 2^{cm^3} pour la deuxième, 3^{cm^3} pour la troisième, à une semaine d'intervalle, en procédant par séries de 40 hommes, vaccinés les uns avec du sérum de Vincent, les autres avec du vaccin de Chantemesse.

Le 11 décembre 1914, 120 prisonniers avaient été vaccinés par la voie hypodermique.

Le 28 novembre commença la semaine de vaccination gastro-intestinale avec l'entéro-vaccin Lumière.

109 hommes sont ainsi traités. Aucune supercherie n'est possible; les hommes se présentent alignés sur un rang par groupes de 20, leur sous-officier en tête, matin et soir, avant les deux repas. Un sous-officier français du cadre de garde leur présente les deux pilules à absorber; immédiatement l'adjudant de gendarmerie attaché au Dépôt, qui l'accompagne, pointe le nom sur une feuille spéciale. Aucune difficulté d'ailleurs dans cette pratique très docilement acceptée.

Le personnel du cadre français (42 hommes), attaché à la garde des prisonniers, demande à son tour à être autorisé à prendre l'entéro-vaccin. Là, comme chez les précédents, pas le moindre malaise à signaler.

Dès les premiers jours de décembre, la situation sanitaire est franchement meilleure, le nombre des consultants diminue journellement. Il y eut bien encore, durant la première quinzaine, *trois* entrées à l'hôpital pour typhoïde, mais elles étaient survenues chez les hommes en cours de vaccination hypodermique. Tout s'arrêta là d'ailleurs et, depuis cette date, aucun cas ne s'est manifesté.

Les mêmes méthodes de vaccination antityphoïdique furent pratiquées systématiquement dans tous les cantonnements.

Ainsi, *aux Assomptionnistes*, 199 prisonniers prirent l'entéro-vaccin Lumière, tandis que 140 étaient vaccinés avec le sérum de Chantemesse.

Au 36-*Ponts*, où étaient internés les officiers, 23 absorbèrent l'entéro-vaccin et 22 subirent la vaccination hypodermique.

Au total 282 *vaccinés* par voie hypodermique; 373 *vaccinés* par la voie gastro-intestinale.

Dès le début de janvier, toute cette population était rassemblée aux

Docks Compans et séjourne en ce même cantonnement, dont les premiers occupants avaient payé un si lourd tribut à la dothiénentérie, dans des conditions sensiblement égales aux leurs, tant au point de vue du régime, du couchage que de l'alimentation en eau. Néanmoins, aucun cas de fièvre typhoïde ne se manifestait dans la suite et l'état sanitaire demeurait très satisfaisant.

HYGIÈNE. — *Destruction des mouches et désinfection des cadavres dans la zone des combats.* Note de M. **E. Roubaud**, présentée par M. Roux.

Le retour des mois chauds entraîne, pour les combattants du front comme pour les populations civiles de l'arrière, la menace du développement exagéré des mouches et de ses conséquences épidémiologiques. Nous avons recherché les méthodes les plus simples et les plus efficaces qui, parmi toutes celles qui ont été proposées pour prévenir le développement de ces insectes, nous paraissent mériter d'être retenues.

Dans les cantonnements des troupes comme sur l'arrière, c'est principalement de la mouche domestique ordinaire qu'il y a lieu de se défendre. Cette mouche se développe dans les ordures domestiques, les cabinets et fosses d'aisance, les fumiers de ferme et les purins. L'emploi des *huiles lourdes de goudrons de houille*, projetées grossièrement en surface, rendra de grands services pour la protection des ordures et des matières fécales contre l'accès des mouches qui viennent y pondre et s'y souiller. En milieu liquide (fosses d'aisance), on utilisera avantageusement le mélange suivant pour 2^{m^3} de fosse :

Sulfate ferrique	$2^{kg},500$
Huile lourde de houille......................	500^{cm^3}
Eau..	10^{l}

Ce mélange est à la fois désodorisant, larvicide et protecteur contre les mouches adultes.

Les huiles lourdes, qui sont toxiques pour les végétaux, ne peuvent être utilisées pour le traitement des fumiers et des purins. L'huile de schiste, qui a été proposée dans ce sens, ne nous paraît pas meilleure, et son action nuisible est beaucoup plus nette sur les végétaux que sur les larves de mouches. Il serait regrettable, au point de vue agricole, de généraliser

l'emploi de ce produit qui dénature les fumiers, est onéreux et peu pratique. Le crésyl (crésylol sodique) en solution à 5 pour 100 est doué de propriétés larvicides beaucoup plus marquées. Il n'exerce à cette dose aucune action nuisible. On traitera les fumiers par un lavage massif effectué à la partie supérieure à raison de 15^l de solution par mètre cube superficiel. Le *traitement larvicide* sera complété par une *aspersion protectrice* des parties découvertes au sulfate ferrique à 10 pour 100, destiné à prévenir la ponte ultérieure des mouches. Ces lavages seront pratiqués deux fois : une première fois au printemps (début de juin), une seconde en été (août) et, autant que possible, simultanément partout. Les fumiers frais non rassemblés en amas définitifs seront simplement traités au sulfate ferrique au fur et à mesure de leur extraction des écuries.

Pour les fosses à purin et leurs abords, on utilisera le crésyl pur à doses faibles.

Dans les tranchées, sur toute la zone des combats ce sont les mouches sarcophages ou *mouches des cadavres* (*Calliphora*, *Lucilia*, *Sarcophaga*, *Pyrellia*, etc.) dont il faut craindre le développement. En raison de la forme de guerre actuelle, beaucoup de cadavres tombés en dehors des lignes ou incorporés hâtivement au talus des tranchées et des entonnoirs ne peuvent être immédiatement ensevelis d'une façon satisfaisante. Les mouches développées sur ces cadavres, ou attirées par eux, sont un danger non seulement pour les combattants immédiats, mais aussi pour les habitants de l'intérieur : les espèces sarcophages sont en effet plus mobiles que les mouches domestiques. Il y a lieu : 1° de prévenir l'accès des mouches sur les cadavres; 2° d'assurer la désinfection de ces derniers et la destruction des larves qui s'y développent.

Les projections d'*huiles lourdes* de houille assureront au maximum la *protection des cadavres contre les mouches*. Des viandes aspergées aux huiles lourdes et exposées à l'air sont encore indemnes de toute trace de vers après le 20e jour, tandis que les témoins traitées au crésyl à 10 pour 100, à l'hypochlorite de soude concentré, au formol, au lait de chaux, à la solution phéniquée à 5 pour 100 ont toutes montré des larves après 48 heures.

Le *sulfate de sesquioxyde de fer* (sulfate ferrique) rendra de grands services pour la désinfection des cadavres ne pouvant être ensevelis et la destruction des larves sarcophages. Traitées par ce sel *pulvérisé* ou par ses solutions à 10 ou 20 pour 100, les viandes se tannent, se durcissent et peuvent être conservées indéfiniment. Le sulfate ferrique forme avec les matières organiques des combinaisons insolubles, stables et imputres-

cibles. Les viandes en putréfaction perdent, sous l'action du sel en poudre, presque immédiatement leur odeur. Les larves de mouches sont tuées par la solution à 10 pour 100 en 10 à 20 heures; par celle à 20 pour 100 en 3 heures. Au contact direct du sulfate en poudre elles émigrent au dehors et périssent. Les œufs sont tués. Les chairs tannées deviennent impropres au développement des vers qui dépérissent et meurent.

On utilisera largement le sulfate ferrique pulvérisé non seulement pour la préservation temporaire des corps exposés à l'air, mais aussi au moment de l'ensevelissement pour achever de détruire les larves qui pourraient avoir été épargnées. Ce sel agira à la fois comme larvicide et comme désinfectant général : ses propriétés, dans les deux sens, nous apparaissent comme bien supérieures à celles des désinfectants habituellement utilisés (hypochlorites, sulfate ferreux, chaux, formol, etc.).

En résumé l'action préventive contre les mouches et la désinfection des champs de bataille nous paraissent justiciables de trois produits principaux : le crésyl, les huiles lourdes de houille et le sulfate ferrique.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MAI 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème du refroidissement de la croûte terrestre, considéré à la manière et suivant les idées de Fourier.* Note de M. **J. Boussinesq**.

I. Dans le problème du refroidissement de la croûte terrestre, nous supposerons ici, suivant le sens des idées de Fourier et de ses contemporains astronomes ou géologues relativement au feu central, mais en y précisant les hypothèses plus qu'il ne le faisait lui-même :

1° Que la croûte terrestre, comprise entre deux sphères concentriques, ait une épaisseur uniforme E de quelques myriamètres seulement (comme une dizaine) ou, par suite, vu la grandeur du rayon, une courbure insignifiante sur des longueurs et largeurs comparables à son épaisseur, de manière à pouvoir y être assimilée à un *plateau* horizontal;

2° Qu'elle repose sur la sphère en fusion, liquide ou pâteuse, dont l'aurait extraite une solidification censée *très rapide*, à l'époque, choisie comme origine des temps t, où toute la masse jusqu'à de notables distances dans l'intérieur avait sensiblement la température u_0 *de fusion* encore existante, actuellement, sous la croûte.

C'est à peu près ainsi que j'ai déjà envisagé cette question dans la XXIIe de mes Leçons sur la *Théorie analytique de la chaleur, mise en harmonie avec la Thermodynamique et avec la théorie mécanique de la lumière* [1].

---

[1] Tome II, p. 12 à 24 (Gauthier-Villars, Paris, 1903).

J'y ai effectué, pour toutes les profondeurs x sous le sol, l'intégration qui fait connaître les températures ultérieures u, au lieu de me borner, avec Fourier, à la surface $x = 0$, mais en admettant comme lui que, dans les régions inférieures de la croûte, ces températures tendent vers la constante u_0 à la manière d'un rapprochement asymptotique, admissible physiquement ou sensiblement (mais non avec une rigueur analytique) en tant que réduction à u_0 pour $x = E$: nuance négligeable aux yeux de l'observateur, mais éminemment simplificatrice au point de vue des calculs.

D'ailleurs, afin de réduire ce problème à ses éléments essentiels, Fourier y fait abstraction de toutes les particularités qui constituent soit les *saisons*, soit les *climats*, ou attribuables à l'action solaire, et dont il suppose qu'on tiendra compte à part. Aussi ai-je considéré, dans cette XXII[e] Leçon, le refroidissement de la croûte, ou même de la sphère, comme il aurait eu lieu en l'absence du Soleil, sans autre influence thermique extérieure que celle des espaces célestes où s'entrecroisent les rayons stellaires. Or je me suis aperçu depuis qu'il n'était pas nécessaire, pour réduire la question à son expression la plus simple, d'y faire ainsi abstraction de toute action solaire; ce qui avait l'inconvénient d'introduire, comme température extérieure à considérer, celle des régions interplanétaires ou interstellaires, qui nous est inconnue. Il suffit d'y défalquer, des températures effectives mesurables, que j'appellerai v, la partie due aux *inégalités* de l'action solaire ou, plutôt, des actions *thermiques extérieures au Globe*, quelles qu'elles soient, en laissant subsister la partie *moyenne et constante* de ces actions.

II. D'une manière plus précise, imaginons qu'on mesure, à chaque instant t, la température extérieure effective u_e, sur un élément quelconque, $d\sigma$, de la surface σ du sol ([1]); puis qu'on prenne, pour le même élément $d\sigma$, la moyenne de ces températures successives u_e, durant quelques années tant avant qu'après l'époque t considérée, moyenne que nous appellerons u_{em} (c'est-à-dire température *extérieure*, *moyenne* locale) *et que nous regarderons comme indépendante de t, durant l'évolution à considérer du Globe;* car, en dehors de cette hypothèse simple, la question traitée n'aurait plus de signification précise. C'est la moyenne générale des valeurs de u_{em} pour toute l'aire σ (émergée) du sol terrestre censé nivelé, température

([1]) Nous nous bornerons aux portions *émergées* ou même continentales de la croûte, en admettant, quand la latitude λ devra figurer, une proportion à peu près pareille de terre et d'eau à toutes les latitudes.

évaluable ou dont on a une idée nette, qui exprimera l'action thermique générale, sur la croûte terrestre, de toutes les causes extérieures susceptibles de la modifier.

Nous choisirons, dans la question, cette température moyenne générale au ras du sol comme origine ou *zéro* du thermomètre. D'où il suit que, désormais, u_{em} s'annulera *en moyenne*, ou que ses valeurs encore subsistantes constitueront une *pure inégalité*, dans *l'espace* σ, de l'action thermique extérieure, de même que la différence $u_e - u_{em}$ représente, dans le *temps t*, pour chaque *contrée* $d\sigma$, une pure inégalité, à valeur moyenne également nulle. Nous appellerons celle-ci, pour abréger, u_{ep}, c'est-à-dire partie *périodique* de la température extérieure u_e; car elle comprendra principalement des termes proportionnels aux cosinus et aux sinus d'arcs kt en raison directe du temps t, cosinus et sinus à périodes sous-multiples soit du jour, soit de l'année.

Nous aurons ainsi $u_e = u_{em} + u_{ep}$.

Or, à la partie permanente u_{em} de la température extérieure, on peut faire correspondre, dans la croûte terrestre, des températures partielles, u_m, s'annulant sur sa face inférieure, permanentes aussi; et, à la partie périodique u_{ep}, des températures partielles u_p de mêmes périodes, s'annulant encore à la face inférieure, et qu'exprimeront des termes où le temps t n'entrera que par les mêmes cosinus et sinus des arcs kt.

Ce sont précisément ces deux *inégalités* u_m, u_p, tant permanente que composée de termes périodiques et même *pendulaires* en t, qu'il faudra retrancher ou défalquer de toutes les températures effectives intérieures v, pour ramener à sa forme la plus simple le problème de Fourier sur le refroidissement de la croûte terrestre.

III. Ajoutons que v, u_m, u_p offriront le caractère commun de varier, d'un point à l'autre, bien plus lentement suivant les sens horizontaux que suivant la verticale, même dans le plan méridien où leurs variations le long d'une ligne de niveau, dues au changement de la latitude λ, seront le plus grandes. En effet, les deux températures extérieures partielles u_{em}, u_{ep} et, par suite, la température intérieure v, ainsi que ses parties u_m, u_p, ne varieront guère, au plus, que d'une trentaine de degrés centigrades, entre chaque pôle et l'équateur, sur un parcours de 1000 myriamètres; soit, en moyenne, de $0^\circ{,}0003$ par hectomètre, tandis que, suivant le sens vertical descendant, v croît, comme on sait, d'au moins 3° par hectomètre, ou 10000 fois plus vite, et que u_m, u_p décroîtront de la totalité de leurs

valeurs le long du parcours vertical E allant du sol au fond de la croûte, parcours qui, même en le supposant de 10 myriamètres, n'est que le centième de la distance du pôle à l'équateur.

C'est dire que, sur toute la portion de la croûte terrestre qui sera à considérer, ou d'une longueur et d'une largeur seulement comparables à l'épaisseur E, non seulement les deux bases, avec les couches sphériques intermédiaires, pourront, dans nos calculs forcément approximatifs, être supposées planes; mais, de plus, u_{em}, u_{ep} seront uniformes et v, u_m, u_p ne varieront que d'un plan horizontal à l'autre, ou en fonction d'une abscisse verticale descendante, x, comptée à partir du sol, non suivant les sens normaux à cette abscisse.

Si nous faisons abstraction des actions chimiques ayant leur siège dans la croûte terrestre, et que a soit la racine carrée positive du quotient de la conductibilité intérieure K de la croûte par la capacité calorifique C de son unité de volume, l'équation indéfinie des températures se réduira donc, pour v, u_m, u_p respectivement, à

$$(1)\qquad \frac{dv}{dt}=a^2\frac{d^2v}{dx^2},\qquad 0=a^2\frac{d^2u_m}{dx^2},\qquad \frac{du_p}{dt}=a^2\frac{d^2u_p}{dx^2}.$$

Il faudra y joindre les conditions ordinaires, relatives au sol et au fond de la croûte :

$$(2)\qquad \left\{\begin{array}{l} (\text{pour } x=0)\qquad \dfrac{1}{h}\dfrac{dv}{dx}=v-(u_{em}+u_{ep}),\\ \qquad\qquad \dfrac{1}{h}\dfrac{du_m}{dx}=u_m-u_{em},\qquad \dfrac{1}{h}\dfrac{du_p}{dx}=u_p-u_{ep}, \end{array}\right.$$

où h désigne le rapport de la conductibilité extérieure k du sol à la conductibilité intérieure K ([1]);

$$(3)\qquad (\text{pour } x=\mathrm{E})\qquad v=u_0,\qquad u_m=0,\qquad u_p=0.$$

([1]) Ces conditions définies *linéaires*, surtout quand on y attribue à h la valeur unique 1,2 admise par Fourier, ne conviennent guère que pour des différences de température, entre le dedans et le dehors, beaucoup plus faibles que celles dont il sera question. Mais j'ai pensé devoir suivre ici Fourier, toute hypothèse plus voisine de la réalité rendant les intégrations inabordables. Du reste, la valeur $h=1,2$ revient presque, *quant aux résultats concrets*, à prendre h infini, ou à supposer que la surface $x=0$ se refroidit *par contact*, hypothèse qu'on pourrait faire tout de suite si l'on tenait à simplifier le plus possible les calculs. Mais les relations (2) ont l'avantage d'être plus générales, sans rendre la question bien difficile.

L'hypothèse $h=\infty$ d'un refroidissement *par contact*, avec température superficielle

IV. Ces relations, en tenant compte de ce que u_p se compose de termes de la forme $U \cos kt + V \sin kt$ avec U et V fonctions de x, déterminent complètement u_m et u_p. Elles donnent, en effet, pour u_p, les termes évalués dans ma XIV[e] Leçon (t. I, p. 210 à 228), qui deviennent insensibles, ou s'évanouissent physiquement, non seulement au fond $x = E$, mais à toutes les profondeurs x excédant une quinzaine de mètres. Quant à u_m, dont la dérivée en x est visiblement constante de la surface au fond, elles lui attribuent, presque sans calculs, la formule

$$u_m = \frac{hE}{1 + hE} u_{em} \left(1 - \frac{x}{E}\right). \tag{4}$$

A la surface $x = 0$ du sol, u_m a donc l'expression $\frac{hE}{1+hE} u_{em}$, fraction constante de u_{em}. D'où il suit que la différence $u_{em} - u_m$, en raison directe de laquelle est le flux de chaleur entrant dans le sol (par unités d'aire et de temps) du fait de la température extérieure permanente u_{em}, se trouve elle-même proportionnelle à u_{em}. Et comme la valeur moyenne de u_{em} sur la totalité σ du sol terrestre (émergé) s'annule, le flux moyen correspondant sera nul aussi. Donc le sol gagne constamment, en vertu de la température extérieure permanente u_{em}, autant de chaleur par ses éléments $d\sigma$ où cette température est positive, qu'elle en perd par ceux où elle est négative.

V. Cela posé, retranchons $u_m + u_p$ de v, en appelant u ce qui reste des températures effectives v. Cet excédent u vérifiera les relations qu'on obtient en multipliant respectivement par 1, -1 et -1 soit les équations (1), soit les conditions définies (2), soit les conditions (3), et puis, faisant leurs trois sommes terme à terme. Il vient ainsi, pour régir l'excédent u *qu'on se proposait justement d'étudier*,

$$\frac{du}{dt} = a^2 \frac{d^2u}{dx^2}, \qquad (\text{pour } x = 0) \quad \frac{1}{h}\frac{du}{dx} = u, \qquad (\text{pour } x = E) \quad u = u_0. \tag{5}$$

---

uniformément nulle, rendrait nos formules applicables, en première approximation, aux parties *immergées* de la croûte terrestre et à celles qui sont alternativement *immergées et émergées*, non moins qu'aux parties *constamment émergées*. Car les différences et les variations de leurs températures de superficie ne sont presque rien à côté de la température u_0 de fusion existant sous la croûte.

Donc, à une première approximation, le refroidissement peut être censé se faire de même tout autour du centre : ce qui, au besoin, motiverait notre hypothèse d'une épaisseur E uniforme pour toute la croûte.

Or nous savons que, du moins pour $t > 0$, elles détermineront u, si l'on fait connaître, en outre, les valeurs de u *initiales* ou relatives à $t = 0$. Appelons u_p^0 la fonction de x à laquelle se réduit u_p pour $t = 0$, et, v n'ayant d'abord été autre chose que u_0 dans toute la croûte, ces valeurs initiales de u seront $u_0 - u_m - u_p^0$. Or u_m, de valeur moyenne nulle pour chaque profondeur x, et u_p^0, qui oscille à peu près autour de zéro, ne sont, d'ailleurs, presque rien à côté de la température u_0 de fusion des roches. Donc, comme la loi des échanges de chaleur, à l'intérieur des corps et même à travers leurs surfaces, y efface à la longue les inégalités de température, aucune trace appréciable ne subsistera, plus ou moins tôt, des minimes différences relatives ayant existé entre $u_0 - u_m - u_p^0$ et u_0. Ce sera vrai surtout dans les régions qui nous sont accessibles, c'est-à-dire aux petites profondeurs x (et, par suite, pleinement pour u_p^0), où le voisinage de la surface accélérera le refroidissement. Ainsi, on pourra prendre comme condition d'état initial, du moins à toutes les distances x observables pour nous et bien au delà,

$$(6) \qquad (\text{pour } t = 0) \qquad u = u_0.$$

VI. Alors le problème défini par le système (5) et (6) se trouve être précisément celui auquel satisfait l'intégrale (29) de la XXII[e] Leçon de mon Cours (t. II, p. 17), savoir

$$(7) \qquad u = \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}}\left[\psi(0) - \psi\left(\frac{x}{2a\sqrt{t}}\right) + e^{h^2a^2t+hx}\,\psi\left(\frac{x}{2a\sqrt{t}} + ha\sqrt{t}\right)\right],$$

où ψ est la fonction de Krampf

$$(8) \qquad \psi(\omega) = \int_{\omega}^{\infty} e^{-\alpha^2}\,d\alpha.$$

En raison de la rapide tendance de $\psi(\omega)$ vers sa forme asymptotique $\frac{e^{-\omega^2}}{2\omega}$, cette intégrale vérifiera *sensiblement* la condition relative au fond, $u = u_0$, non seulement pour $x = E$, mais même dans une épaisseur finie de la croûte, près du fond. On aura donc bien la formule (7), qui, à la surface $x = 0$, où nous appellerons u' la valeur de u, se réduit à celle de Fourier,

$$(9) \qquad u' = \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}}\,e^{h^2a^2t}\,\psi(ha\sqrt{t}).$$

SPECTROSCOPIE. — *Sur une formule de réduction des spectres prismatiques.* Note de M. MAURICE HAMY.

L'étude des clichés fournis par le spectrographe stellaire de l'Observatoire de Paris a conduit M. Salet (voir plus loin, p. 715) à reconnaître que la longueur d'onde λ d'une raie quelconque peut s'exprimer, avec un degré d'approximation qui n'avait pas encore été atteint, par la formule

$$\lambda - \lambda_0 = h \operatorname{tang} k(l - l_0), \tag{1}$$

dans laquelle λ_0, l_0, h, k désignent des constantes et l la lecture du tambour de la vis de la machine à mesurer, lorsque l'image de la dite raie est bissectée par le fil du micromètre.

L'auteur est parvenu, par des moyens détournés, à déterminer les constantes. Ayant cherché à y arriver directement, j'ai obtenu une autre expression de λ en fonction de l, tout aussi précise que celle de M. Salet, mais d'application incomparablement moins laborieuse. Je me propose, dans la présente Note, d'entrer dans quelques détails à ce sujet.

Appelons λ_1, λ_2, λ_3, λ_4 quatre longueurs d'ondes correspondant respectivement aux valeurs l_1, l_2, l_3, l_4 de l, fournies par l'observation.

La relation (1) donne

$$\lambda_1 - \lambda_0 = h \operatorname{tang} k(l_1 - l_0). \tag{2}$$

Retranchant (1) et (2), il vient en remplaçant $l - l_0$ par $l - l_1 + l_1 - l_0$, développant et faisant les réductions convenables,

$$\lambda - \lambda_1 = \frac{h}{\cos^2 k(l_1 - l_0)} \frac{\operatorname{tang} k(l - l_1)}{1 - \operatorname{tang} k(l - l_1) \operatorname{tang} k(l_1 - l_0)}.$$

Faisant successivement $\lambda = \lambda_2$, $l = l_2$, puis $\lambda = \lambda_3$, $l = l_3$, dans cette relation, on en déduit

$$\begin{aligned} \frac{2h}{\sin 2k(l_1 - l_0)} &= \frac{\cot k(l_1 - l_0) - \operatorname{tang} k(l - l_1)}{\dfrac{\operatorname{tang} k(l - l_1)}{\lambda - \lambda_1}} \\ &= \frac{\cot k(l_1 - l_0) - \operatorname{tang} k(l_2 - l_1)}{\dfrac{\operatorname{tang} k(l_2 - l_1)}{\lambda_2 - \lambda_1}} \\ &= \frac{\cot k(l_1 - l_0) - \operatorname{tang} k(l_3 - l_1)}{\dfrac{\operatorname{tang} k(l_3 - l_1)}{\lambda_3 - \lambda_1}}, \end{aligned} \tag{3}$$

égalités qui donnent

$$(4)\qquad \frac{\operatorname{tang}k(l_2-l_1)-\operatorname{tang}k(l_3-l_1)}{\dfrac{\operatorname{tang}k(l_3-l_1)}{\lambda_3-\lambda_1}-\dfrac{\operatorname{tang}k(l_2-l_1)}{\lambda_2-\lambda_1}}=\frac{\cot k(l_1-l_0)-\operatorname{tang}k(l_3-l_1)}{\dfrac{\operatorname{tang}k(l_3-l_1)}{\lambda_3-\lambda_1}}$$

et

$$\frac{\operatorname{tang}k(l_2-l_1)-\operatorname{tang}k(l_3-l_1)}{\dfrac{\operatorname{tang}k(l_3-l_1)}{\lambda_3-\lambda_1}-\dfrac{\operatorname{tang}k(l_2-l_1)}{\lambda_2-\lambda_1}}=\frac{\operatorname{tang}k(l-l_1)-\operatorname{tang}k(l_2-l_1)}{\dfrac{\operatorname{tang}k(l_2-l_1)}{\lambda_2-\lambda_1}-\dfrac{\operatorname{tang}k(l-l_1)}{\lambda-\lambda_1}}.$$

La dernière relation se met facilement sous la forme

$$\left(\frac{1}{\lambda_2-\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_3-\lambda_1}\right)[\cot k(l-l_1)-\cot k(l_3-l_1)]$$
$$+\left(\frac{1}{\lambda-\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_3-\lambda_1}\right)[\cot k(l_3-l_1)-\cot k(l_2-l_1)]=0,$$

équivalente à la suivante :

$$(5)\qquad \frac{\sin k(l-l_3)\sin k(l_2-l_1)}{\sin k(l-l_1)\sin k(l_3-l_2)}=\frac{(\lambda_2-\lambda_1)(\lambda-\lambda_3)}{(\lambda_3-\lambda_2)(\lambda-\lambda_1)}.$$

En substituant, dans cette égalité, les valeurs $l=l_4$, $\lambda=\lambda_4$, on obtient une équation dont il est facile de tirer la valeur de k, comme on va le voir.

Posons

$$\omega=\frac{(\lambda_2-\lambda_1)(\lambda-\lambda_3)}{(\lambda_3-\lambda_2)(\lambda-\lambda_1)}\,\frac{(l_3-l_2)(l-l_1)}{(l_2-l_1)(l-l_3)}$$

et développons les sinus qui figurent dans l'équation (5). On en déduit

$$(6)\quad k^2[(l-l_3)^2+(l_2-l_1)^2-\omega(l-l_1)^2-\omega(l_3-l_2)^2]+k^4(\quad)+\ldots=6(1-\omega).$$

Faisant $l=l_4$, $\lambda=\lambda_4$ dans cette équation et appelant α ce que devient ω, quand on y remplace l et λ par ces valeurs, il vient

$$(7)\quad k^2[(l_4-l_3)^2+(l_2-l_1)^2-\alpha(l_4-l_1)^2-\alpha(l_3-l_2)^2]+k^4(\quad)+\ldots=6(1-\alpha).$$

Or, si la formule donnée par Cornu, pour exprimer la valeur des longueurs d'ondes des raies d'un spectre prismatique, savoir

$$\lambda-a=\frac{b}{l-c},$$

où a, b, c sont des constantes convenables, était rigoureusement exacte, $1-\alpha$ et $1-\omega$ seraient identiquement nuls. En réalité, ces différences sont très petites, l'équation de Cornu étant seulement approchée. D'autre part, le coefficient de k^2 dans l'équation (7) se réduit à la valeur

finie $2(l_4 - l_2)(l_1 - l_3)$, pour $\alpha = 1$. Cette équation a donc une racine k^2 très petite dont on obtient une valeur approchée en négligeant les termes en k^4 et de degrés supérieurs.

La valeur correspondante exacte de k se calcule en appliquant la méthode d'approximation de Newton à l'équation obtenue en faisant $l = l_4$, $\lambda = \lambda_4$, dans l'égalité (5). La relation (4) fournit ensuite l_0 et la relation (3) h. Finalement, on obtient quatre valeurs de λ_0 qui doivent s'accorder, si les calculs sont exacts, en faisant successivement dans l'équation (1) $l = l_1$, $\lambda = \lambda_1$; $l = l_2$, $\lambda = \lambda_2$; $l = l_3$, $\lambda = \lambda_3$; $l = l_4$, $\lambda = \lambda_4$. Telle est la voie directe à suivre, pour déterminer les constantes de la formule de M. Salet.

Mais nous allons montrer qu'il est possible de lui en substituer une autre, tout aussi précise, qui a l'avantage de se prêter beaucoup plus simplement aux applications.

Nous venons de voir que ω se réduit identiquement à 1 quand on suppose exacte la formule de Cornu. Cela veut dire que la relation $\omega = 1$, considérée comme équation en λ, est la formule de Cornu elle-même, dans laquelle sont mises en évidence les données λ_1, λ_2, λ_3, l_1, l_2, l_3 fournies par trois observations. Cela étant, si l'on appelle $\Delta\lambda$ l'erreur commise sur λ, en appliquant la formule de Cornu, on trouve en partant de l'expression de ω

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{(\lambda - \lambda_3)(\lambda - \lambda_1)}{\lambda(\lambda_3 - \lambda_1)}(\omega - 1) + (\omega - 1)^2(\quad) + \ldots,$$

développement qui montre que l'erreur relative commise, en se servant de la formule de Cornu, est de l'ordre de $\omega - 1$ ou de $\alpha - 1$. Or, en éliminant k entre les relations (7) et (6), après y avoir négligé les termes en k^4 et de degrés supérieurs, on arrive à une relation entre λ et l qui peut se mettre sous la forme

$$\lambda - \lambda_1 = \frac{l - l_1}{A_0 + A_1(l - l_1) + A_2(l - l_1)^2}, \tag{8}$$

A_0, A_1, A_2 étant des constantes. Il résulte de ce qui précède que l'erreur relative commise sur λ, en partant de cette formule, diffère de quantités de l'ordre de $(\alpha - 1)^2$ de l'erreur relative commise en employant l'expression de M. Salet. L'erreur relative maximum de la formule de Cornu, pour les spectres étudiés, étant de l'ordre de 10^{-5}, les nombres obtenus en partant de l'équation (1) doivent coïncider pratiquement avec les nombres fournis par la relation (8). C'est bien ce que le calcul met en évidence. L'application de l'une ou l'autre formule conduit exactement aux mêmes résidus.

Au point de vue de la simplicité des opérations, l'avantage de la for-

mule (8) est d'ailleurs manifeste. En posant

$$\beta = \frac{\lambda_4 - \lambda_3}{\lambda_4 - \lambda_1}\,\frac{l_4 - l_1}{l_4 - l_3}\,\frac{1}{l_4 - l_2}, \qquad \gamma = \frac{\lambda_3 - \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}\,\frac{l_2 - l_1}{l_3 - l_2}\,\frac{1}{l_4 - l_2},$$

on a

$$A_0 = \frac{l_3 - l_1}{\lambda_3 - \lambda_1}[\gamma(l_4 - l_1) - \beta(l_2 - l_1)],$$

$$A_1 = \frac{1}{\lambda_3 - \lambda_1}[\gamma(l_4 - l_1) - \beta(l_2 - l_1) - (\beta - \gamma)(l_3 - l_1) - 1],$$

$$A_2 = -\frac{\beta - \gamma}{\lambda_3 - \lambda_1}.$$

Le coefficient A_2 est très petit; c'est encore une conséquence de la formule de Cornu.

La formule (8) n'est qu'un cas particulier d'une autre plus générale

$$\lambda - \lambda_1 = \frac{l - l_1}{A_0 + A_1(l - l_1) + \ldots + A_n(l - l_1)^n},$$

qui peut servir à déterminer les positions des raies d'un spectre dont les limites sont très éloignées dans l'échelle des longueurs d'ondes. On obtient la valeur des constantes en appliquant la formule à $n + 1$ raies de comparaisons, inscrites sur le cliché, autres que la raie n° 1. On est ramené au calcul de déterminants de Vandermonde.

CORRESPONDANCE.

M. G. de Gironcourt adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait et aux recherches qu'il a exécutées à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1914.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1915. Note (¹) de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations a été le même (58) dans ce trimestre que dans le précédent, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Le nombre des groupes de taches enregistrés est plus élevé de moitié que celui du trimestre précédent (²), et leur surface totale a doublé : on a, en effet, 37 groupes et une aire de 2474 millionièmes, au lieu de 25 groupes et 1220 millionièmes.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, l'augmentation numérique des groupes est de 4 au Sud (15 au lieu de 11) et de 8 au Nord (22 au lieu de 14).

La latitude moyenne des taches est stationnaire d'une part à $-20°,5$ au lieu de $20°,4$, et a légèrement diminué d'autre part étant de $+20°,4$ au lieu de $+21°,1$.

Les deux groupes suivants du Tableau I ont atteint la limite de visibilité à l'œil nu :

(Passage au méridien central et latitude)

Janvier.........	6,6	à $+14°$ de latitude
Février.........	14,0	à $+24°$ de latitude

De ce même Tableau, le dernier groupe de février, ainsi que les premier et treizième de mars, ont présenté une intermittence de visibilité.

En outre, on remarque qu'il n'y a eu aucun *jour sans tache* dans ce trimestre.

Régions d'activité. — Les facules ont doublé, tant en nombre qu'en étendue : on a enregistré 90 groupes et une surface totale de 74,3 millièmes, au lieu de 44 groupes et 39,4 millièmes.

De même que pour les taches, leur augmentation a été plus élevée du double dans l'hémisphère boréal que dans l'autre hémisphère : on a, effectivement, 36 groupes au Sud au lieu de 21, et 54 au Nord au lieu de 23.

(¹) Séance du 25 mai 1915.

(²) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 547.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier 1915. — 0,00.			
30- 2	3	3,9	—14		31
1- 9	7	6,6		+14	333
13-15	2	10,8	—20		21
16	1	12,8		+28	4
15-16	2	13,6		+18	17
13-22	8	18,3		+20	31
16-17	2	19,8		+16	15
16-20	5	21,5		+23	30
16-22	6	21,6		+15	65
27-29	2	24,1		+28	14
	20 j.		—17°,5	+20°,3	
		Février. — 0,00.			
4- 6	3	6,2		+19	62
31-12	6	6,4	—21		95
3- 6	4	7,5	—25		50
12	1	9,0		+26	80
4- 5	2	9,3	—15		111
5-17	6	11,9	—19		116
12-19	6	14,0		+24	440
12	1	15,2		+12	41
26	1	21,7	—19		14
		Février (suite).			
21- 3	8	25,8	—23		134
21- 3	6	27,0		+13	33
	16 j.		—20°,3	+18°,8	
		Mars. — 0,00.			
25- 6	7	1,0		+28	30
23- 6	10	1,5	—19		56
27- 8	7	3,7	—22		34
26-10	9	4,7	—19		181
2-10	7	6,6	—23		109
6	1	8,1		+29	6
4-10	5	9,8		+22	26
4-10	5	10,0		+16	21
10-13	3	12,4		+15	6
8-19	9	13,7		+23	142
14-20	6	14,3	—21		84
16	1	14,5		+16	5
17-25	3	21,0	—19		4
17-22	5	22,1		+17	55
30	1	28,2	—28		16
23- 2	8	28,5		+26	62
	22 j.		—21°,6	+21°,3	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1915.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	»	1	1	»	2	8	»	5	3	»	»	10	561
Février......	»	»	3	3	»	6	5	»	3	2	»	»	11	1076
Mars........	»	»	4	3	»	7	9	»	4	5	»	»	16	837
Totaux....	»	»	8	7	»	15	22	»	12	10	»	»	37	2474

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1915.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	2	6	3	»	11	20	1	8	10	1	»	31	23,1
Février.....	1	1	4	3	»	9	12	»	5	6	1	»	21	20,7
Mars........	1	1	8	6	»	16	22	1	11	9	1	»	38	30,5
Totaux....	2	4	18	12	»	36	54	2	24	25	3	»	90	74,3

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie descriptive des nombres dérivés d'une fonction continue*. Note (¹) de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Jordan.

Je désirerais exposer brièvement quelques propriétés des nombres dérivés des fonctions continues, relatives à l'un ou l'autre des deux points de vue descriptif et métrique. Le point de vue descriptif embrasse principalement : pour les fonctions, la continuité, la classe (dans la répartition de M. Baire); pour les ensembles, la densité et les notions corrélatives. Les propriétés descriptives se conservent par une transformation continue et croissante quelconque effectuée sur la variable indépendante. Les propriétés métriques sont plus précisément celles qui demeurent par une transformation de l'espèce précédente, mais douée en plus de nombres dérivés finis en tout point. Ce sont par exemple la dérivabilité des fonctions, la constitution mince ou épaisse des ensembles. Les propriétés métriques des ensembles jouent un rôle essentiel relativement aux fonctions caractérisées par des propriétés différentielles (fonctions de variables complexes, fonctions sommes de séries trigonométriques ou dérivées secondes généralisées, fonctions dérivées, etc.), c'est-à-dire pour des fonctions $f(x)$ dont la variation est en tout point mesurable avec la variation de x prise pour unité. Mais, en général, ces propriétés attirent peut-être trop exclusivement l'attention sur elles. Le point de vue descriptif fournit pour les fonctions de cette nature et leurs ensembles singuliers des aperçus souvent aussi utiles que les premiers.

Je rappelle quelques définitions et j'en pose de nouvelles : je nomme *ensemble gerbé sur* P parfait, continu ou discontinu, un ensemble agrégé à P et formé de la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles non denses sur P. Les ensembles gerbés sur P ne sont autres que les ensembles « de première catégorie » de M. Baire. Je nomme *résiduel de* P le complémentaire relativement à P d'un ensemble gerbé sur P. Les résiduels sont parmi les ensembles de deuxième catégorie de M. Baire (lesquels comprennent par définition tous les ensembles agrégés à P, sans être de première catégorie sur P). Mais ils n'en sont qu'une partie. Un ensemble de deuxième catégorie sur P peut avoir pour complémentaire relativement

(¹) Séance du 25 mai 1915.

à P un autre ensemble de deuxième catégorie et alors ni l'un ni l'autre ne sont des résiduels de P. Je qualifie d'*inexhaustible* sur P tout ensemble de deuxième catégorie sur P. Il ne peut être épuisé par l'extraction hors de lui d'une infinité dénombrable quelconque d'ensembles non denses sur P. Les résiduels jouent un rôle très important dans la théorie descriptive des fonctions. Ainsi, les points de continuité relativement à P d'une fonction limite de fonctions continues forment un résiduel de P, d'après un théorème fondamental de M. Baire. Et réciproquement, quand sur tout ensemble parfait P les points de continuité de f relativement à P font un résiduel de P, f est limite de fonctions continues.

Du point de vue descriptif, un ensemble gerbé est rare, quelle que soit sa mesure, un résiduel du continu est par contre quasi universel.

Les résiduels d'un ensemble parfait P jouissent de trois propriétés essentielles : 1° un résiduel de P est partout dense sur P; 2° une infinité de résiduels d'un même ensemble parfait P ont en commun un résiduel de P; 3° un résiduel de P renferme sur toute portion de P une infinité d'ensembles parfaits.

J'appelle *variation* d'une fonction continue f entre a et b, ou sur l'intervalle ab, ou sur le segment ab [1] la différence $f(b) - f(a)$; *variation absolue* de f dans les mêmes conditions la valeur absolue du nombre précédent; *variation relative*, le quotient de la variation simple par $b - a$.

Les plus grande et plus petite limites de la variation relative de f entre x et $x + h$, h étant infiniment petit et positif, sont appelées respectivement, qu'elles soient finies ou infinies, nombres dérivés supérieur et inférieur droits de f en x. J'appelle *nombre dérivé médian* droit de f en x tout nombre compris entre les dérivés extrêmes droits quand ceux-ci sont distincts. Si μ est un nombre dérivé droit de f en x, l'égalité

$$f(x+h) - f(x) = \mu h$$

a lieu pour une infinité de valeurs positives de h tendant vers zéro, si μ est médian, mais peut n'être vraie pour aucune valeur de h, si μ est un dérivé extrême. On définit de manière analogue les dérivés extrêmes (supérieur et inférieur) et médians gauches de f en x. Désignons les

[1] Dans cette Note, de deux nombres énoncés successivement, le premier sera en principe toujours le plus petit. J'adopte invariablement la terminologie suivante : l'ensemble $a < x < b$ est l'*intervalle ab*, l'ensemble $a \leq x \leq b$ est le *segment ab*. Donc, pour employer des locutions empruntées à M. Borel, et très souvent usitées, l'intervalle est pour moi toujours pris *au sens étroit*, le segment *au sens large*.

dérivés extrêmes par les lettres Δ et δ affectées suivant le côté des indices d ou g. Pour chacun des côtés, 7 associations de Δ et δ sont possibles suivant que Δ et δ sont finis ou infinis, égaux ou inégaux : 1° $\Delta = \delta = +\infty$; 2° $\Delta = +\infty$, δ fini; 3° $\Delta = +\infty$, $\delta = -\infty$; 4° Δ fini, δ fini; 5° $\Delta = \delta$ finis; 6° Δ fini, $\delta = -\infty$; 7° $\Delta = \delta = -\infty$. Les cas 1°, 5°, 7° sont ceux où f possède une dérivée en x pour le côté considéré. On trouve sans peine qu'il y a 85 manières distinctes d'associer les quatre dérivés extrêmes d'une fonction en un même point en se donnant par avance les signes des dérivés s'ils sont infinis et leurs relations d'inégalité ou d'égalité s'ils sont finis.

Chacun de ces groupements est réalisable, il est facile de s'en assurer, en des points isolés. Mais il est intéressant de rechercher ceux qui sont seuls possibles sur la totalité d'ensembles de nature donnée. Beaucoup d'entre eux (trente-deux) s'éliminent sur les ensembles non dénombrables par le théorème suivant, dont la démonstration est immédiate en s'aidant de la notion de *sommets* d'un ensemble parfait (voir *Comptes rendus*, 11 juillet 1910) :

Les points où le dérivé supérieur d'une fonction pour un côté est moindre que le dérivé inférieur pour l'autre côté forment un ensemble dénombrable.

PHYSIQUE. — *Sur le spectre des rayons X secondaires homogènes.* Note de M. M. GLAGOLEV, présentée par M. J. Violle.

Les recherches de MM. Laue, Brag, Moseley, de Broglie, etc. ont établi, avec une certitude suffisante, que les rayons X, émis par l'anticathode d'un tube Röntgen, comportent une partie assez considérable du spectre continu et aussi quelques lignes spectrales séparées, qui dépendent de la nature de l'anticathode. Par l'étude de l'absorption des rayons, donnant les lignes spectrales séparées, il était établi que ces rayons sont homogènes et identiques aux rayons découverts par M. Barkla pour les éléments de poids atomique supérieur à 32.

J'ai entrepris des recherches sur la réflexion des rayons X secondaires par des surfaces cristallines. Une détermination approximative donne pour l'intensité des rayons X secondaires la valeur $\frac{1}{5000}$ de l'intensité des rayons primaires. Mais l'homogénéité des rayons secondaires émis par des éléments de poids atomique assez élevé permet d'insérer que presque toute l'énergie est concentrée dans les lignes spectrales séparées. Les détermina-

tions préliminaires ont montré qu'il est possible par la méthode de Moseley (rayons divergents, grandes surfaces cristallines) de recevoir, sur une plaque photographique exposée pendant quelques heures, les traces de rayons secondaires ayant subi une réflexion sous un angle φ, déterminé par la condition $\lambda = 2d\cos\varphi$, où d est la distance des surfaces réticulaires et λ la longueur d'onde.

La disposition définitive était la suivante :

Les rayons X, émis par l'anticathode en platine d'un grand tube Röntgen, alimenté par 2,5 à 3 milliampères, tombaient sur une plaque de cuivre, placée devant la fente d'une cage en plomb. Dans la cage, derrière la fente, étaient montés un cristal de $NaCl$ et une plaque photographique convenablement orientée. Après une exposition de 12 heures, j'ai obtenu sur la plaque photographique, dans la région d'incidence des rayons réfléchis par le cristal sous divers angles, une ligne bien nette et une autre plus faible. Le fond de la plaque entre les lignes ne montrait aucune trace de spectre continu.

On peut conclure de mes expériences que, *dans le spectre des rayons secondaires émis par le cuivre, le spectre linéaire l'emporte de beaucoup sur le spectre continu* et, par conséquent, que ces rayons secondaires peuvent subir la réflexion d'une surface cristalline seulement sous des angles déterminés. Jusqu'à présent, j'ai pu déterminer les longueurs d'ondes avec une approximation de 6 pour 100. *Dans ces limites, les longueurs obtenues par moi sont identiques à celles données par M. Moseley pour les α et β lignes de* Cu.

Je compte obtenir, dans un avenir prochain, les spectres linéaires des rayons X secondaires de substances ne pouvant être disposées sur les anticathodes, ainsi que d'éléments dont le spectre ne peut être observé que dans un milieu fortement raréfié.

PHYSIQUE. — *Remarque sur la richesse de l'atmosphère en oxygène, d'après MM.* Guye *et* Germann [1]. Note [2] de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

A titre de contrôle d'une nouvelle méthode d'analyse applicable à de très petites quantités de gaz, MM. Guye et Germann analysent deux échantillons

---

(1) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 155.

(2) Séance du 25 mai 1915.

d'air sec et traité par la potasse. Ils trouvent que ces deux échantillons renferment $\frac{208}{1000}$ de leur volume d'oxygène.

Or j'ai établi, il y a 24 ans [1], que l'air moyen de Paris et des environs, traité de la même manière, renferme $\frac{232}{1000}$ de son poids d'oxygène, ou très sensiblement 0,21 de son volume.

Ce résultat a d'ailleurs été confirmé par M. Eckholm [2] qui donne pour la teneur moyenne en oxygène de l'air atmosphérique brut 20,99 pour 100.

J'ai fait remarquer que la teneur 20,8 ne s'accorde pas avec les densités de l'oxygène et de l'azote atmosphérique déterminées par Lord Rayleigh aussi bien que par moi-même, tandis que

$$0,21 \times 1,1053 + 0,79 \times 0,7920 = 1.$$

Il est vrai qu'il m'est arrivé exceptionnellement de trouver des teneurs en oxygène notablement plus faibles telles que 20,83 au bord de la mer, par brise de mer et en hiver, et 20,81 en montagne par vent descendant. Mais je doute que l'air de Genève soit si pauvre en oxygène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de la réduction du permanganate de potassium par l'acide oxalique.* Note de M. A. Boutaric, présentée par M. E. Bouty.

Quand on ajoute à une dissolution de permanganate de potassium une solution d'acide oxalique contenant de l'acide sulfurique, on voit la coloration rouge disparaître rapidement mais non instantanément. Harcourt et Esson [3] ont étudié la vitesse de la réaction par une méthode chimique, longue et pénible, à laquelle il m'a paru avantageux de substituer la mesure spectrophotométrique de l'intensité transmise pour une radiation déterminée, comprise dans une région où l'absorption du permanganate commence à se faire sentir ($\lambda = 558^{\mu\mu}$).

Désignons par I_0 l'intensité transmise pour une quantité de permanganate nulle; par I_a l'intensité initiale, pour une quantité de permanganate a; par I l'intensité, à l'instant t, pour une quantité x. On a

$$I = I_0 e^{-hx}; \qquad I_a = I_0 e^{-ha};$$

(1) *Comptes rendus*, t. 113, 1891, p. 129, et *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. 13, p. 19.

(2) *Recueil de Constantes de la Société française de Physique.*

(3) *Philos. Trans. of the Royal Society*, t. 156, 1866, p. 193.

d'où l'on tire

$$\frac{I}{I_a} = e^{h(a-x)}$$

et

(1) $$a - x = \frac{1}{h} \operatorname{Log} \frac{I}{I_a}.$$

(La constante h dépend de la radiation utilisée et de l'épaisseur de la cuve.)

Si la vitesse de la réaction est, à chaque instant, proportionnelle à la quantité de permanganate non transformé, l'équation de la transformation sera

$$\frac{dx}{dt} = -kx.$$

On devra avoir successivement

$$\frac{a-x}{a} = 1 - e^{-kt},$$

$$\operatorname{Log} \frac{I}{I_a} = ha(1 - e^{-kt}),$$

$$\frac{d}{dt}\left(\operatorname{Log} \frac{I}{I_a}\right) = khae^{-kt}$$

et

$$\operatorname{Log}\left[\frac{d}{dt}\left(\operatorname{Log} \frac{I}{I_a}\right)\right] = -kt + \operatorname{Log} kha.$$

Dans l'hypothèse faite, l'expression $\operatorname{Log}\left[\frac{d}{dt}\left(\operatorname{Log} \frac{I}{I_a}\right)\right]$ *doit varier linéairement en fonction du temps.* Si l'on considère des intervalles de temps finis, l'expression $\operatorname{Log}\left[\Delta\left(\operatorname{Log} \frac{I}{I_a}\right)\right]$ aura également une variation linéaire.

On a mélangé :

100^{cm^3} d'une dissolution de permanganate à $0^g,1$ par litre;
50^{cm^3} d'une dissolution d'acide oxalique à 50^g par litre;
50^{cm^3} d'une dissolution d'acide sulfurique obtenue en diluant jusqu'à 1000^{cm^3} une quantité d'acide égale à 5^{cm^3}. La température était $13°,5$.

Les résultats obtenus ont été portés dans les Tableaux suivants :

TABLEAU I.

t.	$\text{Log}\frac{I}{I_a}$.	$\Delta\left(\text{Log}\frac{I}{I_a}\right)$ pour 10 minutes.
m		
0.......	0,000	
		0,056
10.......	0,056	
		0,167
20.......	0,223	
		0,371
30.......	0,594	
		0,412
35.......	0,800	
		0,361
40.......	0,981	
		0,215
45.......	1,089	
		0,035
50.......	1,106	

TABLEAU II.

t.	$\text{Log}\left[\Delta\left(\text{Log}\frac{I}{I_a}\right)\right]$.
m	
5	0,75
15	1,22
25	1,57
32,5.......	1,61
37,5.......	1,55
42,5.......	1,33
47,5.......	0,54

La variation de l'expression $\text{Log}\left[\Delta\left(\text{Log}\frac{I}{I_a}\right)\right]$ n'étant pas linéaire il faut en conclure que l'hypothèse faite est inexacte.

La relation (1) permet de calculer la vitesse de la réaction :

$$-\frac{dx}{dt}=\frac{1}{h}\frac{d}{dt}\left(\text{Log}\frac{I}{I_a}\right).$$

La variation de $\text{Log}\frac{I}{I_a}$ *dans un intervalle de temps considéré représente la vitesse moyenne de la réaction dans cet intervalle de temps.* Le Tableau I montre que cette vitesse va d'abord en croissant, passe par un maximum et décroît ensuite. Le résultat reste le même pour des proportions très différentes des réactifs utilisés; la présence d'un excès d'acide sulfurique ou d'acide oxalique a simplement pour effet d'accélérer la réaction.

Les expériences précédentes, dont le détail sera publié ailleurs, ne sont pas en contradiction avec celles de Esson et Harcourt. Ces auteurs opéraient toujours en présence d'un grand excès d'acide oxalique et d'acide sulfurique et ajoutaient, dès le début, dans le mélange, une proportion notable de sulfate de manganèse [1]: encore la loi logarithmique n'est-elle pas toujours suivie.

Le principe qui sert de base à la cinétique chimique ne s'applique donc pas à la réduction du permanganate de potasse par l'acide oxalique ou du moins ne s'applique que très exceptionnellement. *Dans la plupart des cas la vitesse de la réaction n'est pas proportionnelle à la quantité de permanganate*

---

(1) Je n'ai pas pu étudier au spectrophomètre les solutions envisagées par Esson et Harcourt qui se troublent aussitôt que la réaction commence.

qui subsiste en solution; elle part de zéro, croît, passe par un maximum et décroît ensuite jusqu'à zéro.

Il est curieux de constater que Esson et Harcourt aient pu établir la théorie des vitesses de réaction sur un exemple où elle s'applique aussi mal. Aussi bien ces auteurs ont-ils reconnu la nécessité, pour vérifier cette théorie, de «chercher un exemple plus simple de réaction chimique». Dans la réduction du permanganate de potassium par l'acide oxalique il se forme, pensent-ils, un oxyde de manganèse, en sorte que la réaction s'accomplit en deux phases au moins.

Un certain nombre de Traités citent cependant la réduction du permanganate de potasse par l'acide oxalique comme un exemple de réactions dont la vitesse est « conforme à la loi logarithmique »(¹). C'est ce qui m'a engagé à publier le résultat de mes expériences avec le spectrophotomètre qui sont très faciles à répéter.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le premier trimestre de* 1915. Note (²) de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. B. Baillaud.

Les perturbations de la déclinaison magnétique, pendant le premier trimestre de 1915, se répartissent de la façon suivante :

Échelle.		Janvier.	Février.	Mars.	Total du trimestre.
0	Jours parfaitement calmes...	10	5	7	22
1	Perturbations de 1′ à 3′.....	13	10	8	31
2	» de 3′ à 7′.........	6	3	8	17
3	» de 7′ à 15′........	2	9	6	17
4	» de 15′ à 30′.......	»	1	2	3

Des perturbations fortes (> 15′) se sont manifestées en février : 18′ le 19; en mars, 16′ les 21 et 22.

En outre de cette particularité, on constate un accroissement important des jours cotés 3 (de 4 à 17); à la cote 2, le nombre 17 est en augmentation de 3, sur 14 précédemment (³); par contre, le nombre des jours de force 1 et 0 ont fortement diminué : cette diminution est de 12 (31 au lieu de 43) pour la cote 1, et de 9 pour les jours cotés 0 (22 au lieu de 31).

(¹) Nernst, *Traité de Chimie générale*, trad. Corvisy, t. 2, 1912, p. 134.

(²) Séance du 25 mai 1915.

(³) Voir *Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 556.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la loi de dispersion des spectres prismatiques.* Note [1] de M. SALET, présentée par M. Maurice Hamy.

On ne connaît pas de formule simple représentant avec une exactitude suffisante la fonction qui relie la longueur d'onde d'une raie à sa position dans un spectre prismatique. La formule de Cornu ne représente la courbe réelle d'un spectrographe que pour des intervalles assez restreints. Les formules plus compliquées, qui dérivent des relations empiriques entre l'indice de réfraction et la longueur d'onde, introduisent des difficultés de calcul sans être pour cela rigoureusement exactes.

Ayant étudié, pour deux dispersions différentes, les courbes du spectrographe du grand équatorial coudé, nous avons été amené à chercher une formule représentant ces courbes sur toute leur longueur et nous avons trouvé que la mesure l de la position d'une raie est liée à sa longueur d'onde par la formule simple

$$\lambda = a\,\mathrm{tang}(bl + c) + d.$$

Pour cela nous avons déterminé, au moyen de nombreuses formules de Cornu valables pour des positions successives de la courbe, les valeurs de la dérivée $\lambda' = \frac{d\lambda}{dl}$ tout le long de cette courbe. Toutes ces valeurs sont très bien représentées par une formule de la forme $\lambda' = A\lambda^2 + B\lambda + C$, dont nous avons déterminé les constantes en traitant toutes les valeurs de λ' par la méthode des moindres carrés. Il suffit d'ailleurs, pour trouver des valeurs approchées de A, B, C et, par suite, de a, b, c, de calculer trois formules de Cornu pour trois régions différentes de la courbe.

La quantité $B^2 - 4AC$ est négative. Il est à remarquer que, dans la formule de Cornu $(l - l_0)(\lambda - \lambda_0) = k$, la dérivée λ' est aussi un polynome du second degré en λ, mais dont les racines sont égales. La formule de Cornu peut donc être considérée comme un cas particulier de la formule plus générale que nous avons trouvée.

Nous avons comparé les valeurs de l calculées à des mesures effectuées par M. Hamy, par M. Millochau et par nous-même. L'erreur moyenne est de $\frac{2}{1000}$ de millimètre, c'est-à-dire de l'ordre des erreurs d'observation.

---

[1] Séance du 25 mai 1915.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Phénomènes d'oxydation et de réduction portant sur les chromogènes des végétaux.* Note (¹) de M. J. **Wolff** et Mlle **Nadia Rouchelmann**, présentée par M. Roux.

L'un de nous (²) a observé que sous l'influence oxydante de la laccase le chromogène de la pomme donne naissance à un pigment qui peut être réduit par l'acide iodhydrique avec déplacement d'iode. Nous avons pu étendre cette observation à un grand nombre de végétaux qui ont été signalés comme renfermant des peroxydes par MM. Chodat et Bach. Cette constatation et la présence constante de peroxydases dans les végétaux ont conduit ces auteurs à formuler une théorie des ferments oxydants, d'après laquelle la laccase ne fonctionnerait que grâce à un système peroxyde-peroxydase. Pour eux, le bleuissement du papier à l'iodure de potassium amidonné démontrerait la présence de peroxydes dans les végétaux. Nous allons montrer que cette réaction doit être interprétée d'une manière différente.

Nous avons constaté, en effet, que chaque fois qu'on observe le phénomène du bleuissement à l'aide d'une solution d'iodure de potassium amidonné il est la conséquence de l'action antérieure de la laccase sur un chromogène ou d'un corps à fonction phénolique; en d'autres termes, il faut toujours que l'action de la laccase précède le phénomène qu'on observe à l'aide du réactif ioduré. Partout où nous avons constaté la présence de la laccase, nous avons pu mettre en évidence des substances oxydables par cet enzyme, mais il n'est pas toujours possible de déceler la présence de laccase lorsqu'on rencontre les chromogènes, parce qu'on peut se trouver en présence de facteurs qui empêchent ou gênent les réactions de l'oxydase (tannin du chêne ou acidité très élevée).

Le principe de la méthode que nous avons employée pour mettre les chromogènes en évidence consiste à empêcher leur oxydation par l'enzyme au moment du broyage des tissus et de la mise en liberté des sucs, en opérant en présence d'une solution étendue d'acide sulfurique.

Les plantes sont broyées avec un poids égal d'acide sulfurique $\frac{N}{2}$. Lorsque la matière est réduite en bouillie, on filtre; le filtrat est généralement peu coloré et lim-

(¹) Séance du 25 mai 1915.

(²) J. Wolff, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1125.

pide. Après avoir neutralisé l'acide sulfurique libre à l'aide de quelques cristaux de phosphate disodique [1], on divise le liquide en deux parties égales de façon à opérer sur 2^{cm^3} de celui-ci pour chaque essai. La portion A sert de témoin. On verse dans la portion B de 1 à 2 gouttes d'une macération glycérinée de *Russula delica* renfermant de la laccase, ensuite chaque portion reçoit successivement $0^{cm^3},25$ d'iodure de potassium amidonné à 3 pour 100 et $0^{cm^3},15$ d'acide acétique normal (60^g pour 1000). Alors, suivant que le liquide est plus ou moins riche en substance oxydable on observe une coloration bleue plus ou moins rapide dans la portion B contenant la laccase; le témoin A sans laccase reste incolore. La coloration dans certains cas est instantanée et très énergique. Dans un grand nombre de cas l'extraction du chromogène peut se faire plus simplement en projetant dans de l'eau bouillante les feuilles sur lesquelles on veut expérimenter et poursuivant l'ébullition pendant quelques minutes.

On peut se rendre compte approximativement de la richesse relative des plantes en matière active en mesurant le temps que met la réaction à se produire. Nous ne citerons ici que quelques expériences faites principalement sur des feuilles jeunes, nous réservant de publier ailleurs une liste plus complète.

Réaction instantanée.....	*Composées* (artichauts, diverses salades). *Rosacées* (feuilles d'aubépine, de cerisier, de prunier, de sorbier). *Solanées* (pommes de terre : jeunes feuilles, pousses, pelures). *Urticacées* (feuilles d'ortie ordinaire).
2 minutes..............	*Urticacées* (orme, ortie jaune). *Graminées* (orge, raygrass). *Composées* (reine-marguerite).
3-4 minutes...	*Lauracées* (laurier-cerise). *Cypéracées* (myosotis). *Polygonacées* (oseille). *Liliacées* (muguet).
4-5 minutes............	*Oléacées* (lilas). *Sapindacées* (châtaignier, marron d'Inde).
10-15 minutes...........	*Crucifères* (choux de Paris, radis, choux mille-têtes).
15-20 minutes..........	*Ombellifères* (cerfeuil). *Violacées* (violettes). *Chénopodiacées* (épinards).

[1] Pour les feuilles de marronnier d'Inde, de châtaignier, de sorbier et en général pour les feuilles adultes, il est préférable de neutraliser à l'aide de $CaCO^3$, car en présence d'un petit excès de phosphate disodique l'oxydation par la laccase est tellement énergique que les produits de la réaction ne peuvent plus réduire l'acide iodhydrique.

Parmi les plantes qui ne nous ont donné que des résultats négatifs citons : feuilles de chêne, feuilles d'iris, d'acacia, choux de Bruxelles, œillets, mycelium *d'Aspergillus niger*, etc.

Nous nous sommes assurés qu'en chauffant l'extrait de *Russula delica* pendant 15 minutes à 70°, température à laquelle la tyrosinase est détruite, que c'est la laccase qui intervient dans les phénomènes observés. Il ne nous a pas été possible jusqu'ici d'extraire les substances oxydables à l'état de pureté; toutefois nous avons pu constater que ces chromogènes sont aisément dialysables sans décomposition lorsqu'on les soustrait à l'action de la laccase. On peut les extraire des feuilles ou d'autres tissus végétaux par épuisement à l'éther aqueux dans un appareil à déplacement comme celui qui est usité pour l'extraction du tannin de la noix de Galle, mais pour empêcher l'oxydation par la laccase il faut rendre le milieu légèrement acide à l'aide de SO^4H^2; autrement, au lieu d'une couche aqueuse incolore, on obtiendrait un liquide très coloré avec un dépôt rouge brun peu soluble.

Nous poursuivons actuellement l'étude de ces substances oxydables par la laccase, qui sont très répandues dans les végétaux.

ZOOLOGIE. — *Sur les phénomènes de réparation après mutilation chez les Coraux des grandes profondeurs sous-marines.* Note [1] de M. **Ch.-J. Gravier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La plupart des êtres vivants, les animaux comme les plantes, peuvent, par des procédés divers, réparer les mutilations qu'ils ont subies : tantôt, les parties régénérées sont imparfaites ou irrégulières; tantôt aussi, le tout se réédifie et alors intervient une véritable *régulation;* tantôt enfin, il se produit des néoformations qui se développent en des points du corps auxquelles elles n'appartiennent pas normalement (hétéromorphoses).

J'ai eu l'occasion d'observer des phénomènes de cet ordre en étudiant la collection des Madréporaires dragués dans les profondeurs de l'Atlantique par le Prince de Monaco; je dois me borner à en citer ici quelques exemples. Parmi les spécimens de *Stephanotrochus nobilis* Moseley, dont la forme est celle d'une coupe profonde, certains sont brisés en fragments assez nombreux. Les parties brusquement séparées ne parviennent pas à se mettre au contact l'une de l'autre et à reprendre leurs places respec-

[1] Séance du 26 avril 1915.

tives, de façon à reconstituer l'ensemble, tel qu'il était à l'origine. Il demeure entre elles des vides partiellement comblés par des travées calcaires qui ont été sécrétées après l'accident et qui ont assujetti tant bien que mal les diverses pièces du squelette; les parties vivantes, si peu développées et si pauvres en tissu musculaire, ont été incapables de rajuster les fragments. Si l'on regarde l'intérieur du calice, on remarque une profonde perturbation de tout le système septal, le long des lignes de soudure. Les septes intéressés par la fracture sont plus ou moins déformés et il se produit une sécrétion chaotique qui donne l'impression d'un moyen de fortune dont le polype s'est servi, malgré les larges déchirures qu'il a inévitablement subies, pour réparer la blessure au plus vite.

En général, la puissance de régénération est beaucoup plus grande chez les jeunes animaux que chez les adultes; elle s'atténue beaucoup avec l'âge. Chez les Madréporaires, les réparations, même les plus étendues, paraissent se faire tout aussi bien chez les vieux individus que chez les jeunes. J'en ai constaté de toutes récentes chez des *Stephanotrochus diadema* Moseley de 50^{mm} de diamètre et aussi chez des *Deltocyathus italicus* Milne-Edwards et Haime qui avaient atteint le maximum de taille.

Parmi les exemplaires de *Deltocyathus andamanicus* Alcock recueillis par la *Princesse-Alice*, il en est un qui a été brisé accidentellement en deux parties presque égales. La soudure s'est faite avec une dénivellation très marquée de la partie cassée, le long de la ligne de fracture. Tout le système septal a été fortement disloqué; les cicatrices de la muraille demeurent parfaitement visibles, longtemps après l'accident; les brèches ouvertes dans les septes ne se comblent pas, les nouvelles formations calcaires conservant leur indépendance vis-à-vis des parties demeurées intactes.

Moseley mentionne que certains spécimens de *Bathyactis symmetrica* Moseley, du *Challenger*, ont l'apparence signalée plus haut chez les *Stephanotrochus;* il se demande si ces Coraux ont été brisés, puis ressoudés ou bien s'ils ne se préparaient pas à se diviser spontanément en fragments.

Des faits du même ordre se présentent chez un autre Madréporaire bien différent des précédents, et dont le polymorphisme est déconcertant, le *Caryophyllia clavus* Scacchi.

Un spécimen d'assez grande taille a été écrasé sur la moitié environ du calice. La partie endommagée était en voie de réparation quand il fut dragué. Dans la région mutilée, la muraille nouvelle, qui n'avait pas atteint le niveau de la partie demeurée intacte et qui avait continué à croître, n'est pas circulaire, mais irrégulièrement ondulée; elle s'est formée en dedans de l'ancienne muraille qui a été séparée du reste

du polypier; la portion régénérée est, par suite, notablement moindre que celle qui a été détruite; les septes n'y présentent ni la même régularité, ni le même développement. La hiérarchie des divers ordres de septes y devient méconnaissable; on n'y voit plus que quelques lobes septaux (palis) tout déformés, à allure tourmentée. Lorsqu'on regarde l'ouverture du calice, dont les deux moitiés ont été édifiées en deux temps différents, on est frappé du contraste entre la partie ancienne, de couleur foncée, d'une régularité parfaite, et la partie régénérée, de teinte blanche, où toute symétrie a disparu. Peut-être faut-il rapporter au même ordre de phénomènes ce que présente un autre exemplaire de la même collection. Dans le calice d'un individu, s'en est formé un second tout coudé; dans celui-ci s'en est développé un troisième qui n'a pas dû vivre longtemps, car il en existe un quatrième à l'intérieur du précédent. Les groupes de deux et même de trois individus emboîtés les uns dans les autres ne sont d'ailleurs pas très rares chez cette espèce.

Il semble que, lorsque, pour une cause inconnue, mais probablement banale à cause de sa fréquence, le Polype coralliaire est en voie de dépérissement, les parties restées vivantes au fond du calice se mettent à proliférer et bâtissent un nouveau calice à l'intérieur du premier.

Les exemples précédents, pris entre beaucoup d'autres, montrent que, dans les cas de réparation après mutilation chez les Coraux des grandes profondeurs, il n'y a jamais retour à l'état primitif; la réparation demeure incomplète, sans régulation.

Quant à la cause des mutilations dont sont victimes ces Madréporaires abyssaux, incapables de se déplacer par eux-mêmes et dont le squelette est si fragile, elle doit être vraisemblablement rapportée, dans certains cas, à la chute de quelque lourd débris venant des couches superficielles; dans d'autres cas, à l'écrasement par les animaux qui passent leur existence dans les grands fonds, à 4000^m et même 5000^m de la surface, comme, par exemple, certains Poissons de la famille des Macruridés. Quoi qu'il en soit, les phénomènes de réparation, dans le cas où le squelette est tout brisé, témoignent de la surprenante plasticité de ces Coraux des grandes profondeurs sous-marines qui, à ce point de vue, rappellent ceux des récifs madréporiques des mers tropicales.

La séance est levée à 17 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES D'AVRIL 1915.

Institut de France. Académie des Sciences. *Bulletin du Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du Ciel*, t. VII, 2e fasc. Paris, Gauthier-Villars, 1915; 1 fasc. in-4°.

Association bourguignonne des Sociétés savantes. *Congrès de Dijon* (21 et 22 juin 1914). Auxerre, A. Gallot, 1915; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. G. Lemoine.)

Annales de l'Observatoire de Bordeaux, t. XV, par M. L. PICART. Paris, Gauthier-Villars, 1915; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. B. Baillaud.)

La Science allemande, par M. PIERRE DUHEM. Paris, A. Hermann et fils, 1915; 1 vol. in-12°.

Bureau des Longitudes. *Connaissance des Temps ou mouvements célestes, à l'usage des astronomes et des navigateurs, pour l'an* 1917. Paris. Gauthier-Villars, 1915; 1 vol. in-8°.

Bureau des Longitudes. *Connaissance des Temps. Extrait à l'usage des marins pour l'an* 1916. Paris, Gauthier-Villars, 1914; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Guyou.)

Deux accidents cratériformes, par M. EMM. DE MARGERIE. Extrait des *Annales de Géographie*, t. XXII, 1913. Paris, Armand Colin; 1 fasc. in-8°.

Un Taube sur le seizième arrondissement de Paris, par M. ÉMILE RIVIÈRE. Paris, 1915; 1 feuille in-8°.

Rapport sur l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon, par M. H. DESLANDRES. Paris, Gauthier-Villars, 1915; 1 feuille in-8°.

Étude photographique de l'amas d'étoiles Messier 67 *N. G. C.* 2682, 1900,0 ($8^h 45^m 58^s + 12° 11' 6''$), par le R. P. S. CHEVALIER. Extrait des *Annales de l'Observatoire de Zô-Sè*, t. VIII, 1912. Chang'hai, T'ou-sè-wè, Zi-ka-wei; 1 fasc. in-4°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUIN 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Edwin-E. Hall, Professeur à Harvard College, qui assiste à la séance.

En réponse à un télégramme de chaudes sympathies envoyé récemment par l'Académie, l'**Académie dei Lincei** a adressé les télégrammes suivants :

Roma, 29-5-1915.

L'Accademia dei Lincei concambia commossa il fraterno saluto dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Francia, augurando che gli sforzi dei popoli latini concorrano al successo e al bene dell'umanita.

Presidente : Blaserna.

Roma, 7-6-1915.

La reale Accademia dei Lincei, adunatasi per la prima volta dopo che l'Italia scese in campo a rivendicare i suoi diritti, manda un fraterno saluto all'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Francia, augurando che la vittoria delle armi francesi doni nuove glorie alla Francia pugnante per la difesa degli oppressi.

Per il Presidente : Todaro.

M. C. **Richet** donne lecture d'une Notice nécrologique sur *Just Lucas-Championnière*, son prédécesseur, qui sera insérée dans les *Mémoires de l'Académie*.

MINÉRALOGIE. — *Sur de remarquables phénomènes métamorphiques de contact du granite de Madagascar.* Note [1] de M. **A. Lacroix**.

Les recherches que j'ai poursuivies pendant une dizaine d'années, sur toute l'étendue de la Chaîne des Pyrénées, m'ont conduit à montrer que, dans cette région, les modifications subies par les sédiments sous l'influence des magmas éruptifs qui ont donné naissance aux granites, aux lherzolites, aussi bien qu'aux ophites, ne sont pas seulement de nature physique, mais que, dans un grand nombre de cas, — je ne dis pas dans tous les cas — elles portent l'empreinte d'actions chimiques dues à des apports d'origine profonde. La démonstration est particulièrement probante dans le cas des calcaires, quand les minéraux néogènes qui s'y sont développés renferment des éléments chimiques n'existant pas de toute évidence dans les sédiments intacts : tel est, par exemple, le cas des roches métamorphiques riches en bore (abondance de l'axinite), formées aux dépens des calcaires dévoniens des Hautes Pyrénées en contact avec le granite. J'ai cherché en outre à mettre en évidence la continuité existant entre la formation des minéraux métamorphiques dans la roche sédimentaire elle-même et de ceux développés dans les fentes de cette dernière ou même de la roche éruptive. La distinction entre la transformation des sédiments et les phénomènes pneumatolytiques localisés dans des fentes, que veulent faire encore beaucoup de pétrographes, me semble donc injustifiée.

Parmi les nombreuses observations sur le même sujet que j'ai eu l'occasion de réunir à Madagascar, il en est une qui mérite une étude spéciale, précisément à cause de la nature des minéraux métamorphiques formés, minéraux qui, pour la plupart, n'ont pas été rencontrés jusqu'ici dans de semblables conditions.

L'un des traits saillants de la constitution géologique des Hauts Plateaux de la Grande Ile réside dans l'existence d'une formation sédimentaire azoïque très métamorphique qui se développe du Nord au Sud, à l'ouest du méridien d'Antsirabé et qui peut être suivie sans interruption depuis le sud de Betafo jusqu'au voisinage de la Matsiatra; elle consiste en une alternance de quartzites, de calcaires et de schistes. En nombre de points, elle est métamorphisée par le granite et aussi par un grand nombre de filons de pegmatites à minéraux : des gîtes de contact, plombifères et

[1] Séance du 17 mai 1915.

cuprifères, s'y rencontrent; c'est à l'est du principal de ces derniers situé à l'est d'Ambatofangehana, entre cette localité et Ambositra, à Ambatoarina, que j'ai rencontré le contact qui fait l'objet de cette Note.

Les calcaires rubanés marmoréens, au lieu de renfermer comme principal minéral métamorphique le diopside blanc, la trémolite ou l'actinote, si fréquents dans la région, contiennent en abondance, dans certains de leurs bancs, un nouveau type d'amphibole que j'ai appelé (¹) l'*imerinite*.

La composition chimique de l'imerinite (SiO^2 53,73; TiO^2 0,41; Al^2O^3 2,72; Fe^2O^3 4,72; FeO 4,70; MgO 20,60; CaO 2,73; Na^2O 7,42; K^2O 1,82; H^2O 0,85; F 0,92 = 100,62) la place entre les richtérites et les glaucophanes, alors que ses propriétés optiques (très forte dispersion; $n_g : c = 45°$ environ; plan des axes dans g^1; signe optique négatif; pléochroïsme net avec n_g = vert bleu, n_m = bleu violacé, n_p = vert jaune) la rapprochent particulièrement des rhodusites dont elle se distingue surtout au point de vue chimique par sa pauvreté en sesquioxydes. L'imerinite forme ou bien de grands cristaux nets de 2^{cm} de longueur d'un bleu noir, ou bien des masses fibreuses d'un bleu lavande clair; elle constitue même localement de véritables amphibolites renfermant toujours un peu de calcite.

Des cubes de pyrite (limonitisée) atteignant jusqu'à 3^{cm} d'arête, sont localement très abondants; il existe aussi quelques mouches de *galène*.

L'examen microscopique montre que ces calcaires ont une composition encore plus complexe; au milieu de plages de calcite maclées suivant b^1, l'imerinite est associée à de petites lamelles de microcline, d'albite, à des grains de quartz, criblés d'aiguilles amphiboliques; enfin il existe un minéral qu'on ne pouvait s'attendre à trouver dans de telles conditions, la *monazite*.

Dans certains bancs apparaît de la phlogopite, en paillettes microscopiques, ou en cristaux nets de plus de 1^{cm}. Dans ce cas, l'imerinite se raréfie, puis disparaît peu à peu. Enfin, il existe des variétés à grain fin de cette roche micacée, qui deviennent de plus en plus riches en phlogopite, en quartz et en microcline et passent à des types dépourvus de calcite.

Au milieu des calcaires ainsi constitués, sont intercalés des bancs d'une roche finement grenue, teintée de rose; elle est extrêmement riche en albite microscopique, avec çà et là des cristaux porphyroblastiques nets du même minéral, de plus de 1^{cm}; le feldspath microscopique est souvent plus complexe, l'orthose ou le microcline accompagnant ou remplaçant l'albite; leurs cristaux sont çà et là moulés pœcilitiquement par de grandes plages

(¹) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. IV, p. 787.

de calcite et d'un autre minéral, insolite dans un semblable milieu, la *célestine*, toujours accompagnée de monazite.

Enfin, au milieu de bancs de calcaires marmoréens à grain fin, pauvres en silicates, j'ai rencontré des veines, ayant de quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur, d'une roche très dense, à grands éléments, formée par des quantités presque égales de calcite (manganésifère), de *célestine* ([1]) et de quartz, associés à un peu d'*œgyrine* ([2]), de biotite, de microcline, d'apatite, de galène et à une quantité toujours grande de *monazite :* ce dernier minéral est surtout enveloppé pœcilitiquement par la célestine et constitue par place des agrégats de petits grains visibles à l'œil nu ([3]). En raison de la singularité de la présence de ce minéral dans de semblables conditions, il m'a paru utile de rechercher quelle est sa composition; j'en ai isolé quelques grammes qui ont servi à M. Pisani pour l'analyse suivante :

P^2O^5 30,18; ThO^2 1,05; Ce^2O^3 39,51; $(La, Di)^2O^3$ 27,80; Fe^2O^3 0,92; CaO 0,46; perte au feu 0,47; total 100,39; densité 5,25.

La caractéristique distinguant cette monazite de toutes celles de Madagascar est sa faible teneur en thorine, alors que cette substance atteint souvent 9 ou 10 pour 100 dans les gisements alluvionnaires (provenance des gneiss) ou dans celle des pegmatites de l'île.

A peine est-il besoin de souligner le caractère extrêmement remarquable du contact d'Ambatoarina : apport d'alcalis et notamment de soude (formation de feldspaths alcalins et surtout d'amphiboles et de pyroxènes

---

([1]) Quelques échantillons renferment en outre de grands cristaux squelettiformes d'un carbonate soluble dans HCl, mais insoluble dans l'acide acétique, il ne contient que de la strontiane et des terres cériques : il est orthorhombique et optiquement négatif; sa biréfringence est beaucoup moins grande que celle de la calcite, mais encore élevée; je n'ai pu arriver encore à isoler ce minéral de la célestite qui l'accompagne; il constitue certainement une espèce minérale nouvelle.

([2]) L'ægyrine n'était connue dans un calcaire qu'à l'île de Polycandros (Archipel grec), où je l'ai rencontrée autrefois, associée à des glaucophanes et crossites (*Comptes rendus*, t. **124**, 1897, p. 628).

([3]) La séparation de la célestine et de la monazite ne pouvant être obtenue mécaniquement, j'ai employé un procédé qui peut être recommandé pour éliminer ce minéral de certains de ses mélanges; il consiste à chauffer le produit à purifier dans une solution d'un carbonate alcalin. On peut suivre au microscope les progrès de la transformation de la célestine en carbonate (strontianite), très biréfringent, qu'il est facile d'éliminer à l'aide d'un acide étendu.

ferro-alcalins peu ou pas alumineux), de phosphate de terres cériques, de sulfate de strontium (¹), d'un carbonate des mêmes éléments et enfin de sulfures métalliques.

L'existence de terres cériques dans les produits d'émanation de ce granite est éclairée par la connaissance d'un autre gisement, situé plus à l'ouest, dans la région de Torendrika (à l'ouest d'Ambatofinandrahana). Un granite contenant, en fait de minéraux colorés, de la biotite, de la *rhodusite* (²) et de l'ægyrine, avec du microcline et de l'albite comme feldspaths, est traversé par une pegmatite de même nature contenant d'énormes cristaux (5^{cm} à 8^{cm} de plus grandes dimensions) de biotite, d'ægyrine, de magnétite, d'hématite et de deux minéraux cériques : un silicotitanate, la *tscheffkinite*, qui, pour la première fois, est trouvé dans la Nature en cristaux nets, et un fluocarbonate, la *bastnaésite*. Celle-ci forme des agrégats miarolitiques de cristaux hexagonaux enchevêtrés qui semblent s'être surtout produits par circulation pneumatolytique dans des fentes : il n'est pas possible de démontrer directement cette hypothèse à cause de l'altération de ce granite (ces minéraux sont recueillies à l'état épars dans les argiles résultant de sa décomposition), mais l'influence des actions pneumatolytiques peut être démontrée grâce à de curieuses pseudomorphoses de tscheffkinite en un mélange de bastnaésite, de rutile, d'ilménite et de quartz; la discussion de la composition chimique de la bastnaésite et de la tscheffkinite montre que cette transformation s'est effectuée essentiellement par fixation de fluor et d'acide carbonique et élimination d'une partie de la silice (³); le résultat de l'altération de la tscheffkinite sous l'influence des agents atmosphériques consiste seulement en produits d'hydratation.

Les accidents presque exclusivement feldspathiques et micacés des calcaires d'Ambatoarina m'ont conduit à l'interprétation d'une roche singu-

---

(¹) L'existence de ce minéral, qui se trouve aussi dans la région en veinules traversant les calcaires et le granite et en petits cristaux dans la limonite du gîte cuprifère d'Ambatofangehana, est un argument en faveur de la liaison génétique de ce dernier avec le magma granitique; il est à noter que la galène existe parmi les minéraux d'origine pneumatolytique des granites alcalins du nord-ouest de l'île, et dans les calcaires des Pyrénées (Pic du Midi de Bigorre), métamorphisés par le granite.

(²) C'est la première fois que cette amphibole ferrique, sodique et magnésienne, est signalée dans une roche éruptive : mais j'ai observé un granite de même composition que celui décrit ici (à rhodusite, ægyrine et biotite) parmi des roches de la Côte d'Ivoire recueillies par M. Chevalier, entre Dialacora et Buandougou.

(³) L'étude de ces pseudomorphoses sera publiée incessamment dans le *Bulletin de la Société française de Minéralogie*.

lière formant à Andohatsindro (à une dizaine de kilomètres au sud-ouest d'Ambatofangehana) des lits dans les calcaires de la même série. Elle est finement grenue (facies aplitique) et constituée par du microcline et de l'albite, un peu de biotite, de muscovite, fort peu de quartz et beaucoup d'apatite : la structure est granoblastique. Cette roche est creusée de géodes et traversée par des veinules pegmatiques constituées par des cristaux enchevêtrés de microcline, de tourmaline noire, de muscovite et d'hématite.

Ce dernier minéral, en cristaux peu distincts de quelques centimètres, est assez abondant pour avoir suscité des travaux de prospection. Il présente une particularité singulière : il se dissout dans l'acide chlorhydrique sans donner les réactions du titane, mais laisse un résidu insoluble blanc qui peut atteindre jusqu'à 20 pour 100 et qui est constitué par du rutile, sous une forme exceptionnelle, lamelleuse. L'examen microscopique de lames très minces, taillées dans ces cristaux d'hématite, ne permet pas de voir ce rutile dont les cristaux sont trop menus, mais une attaque prolongée par l'acide chlorhydrique, en dissolvant l'hématite, fait apparaître un réseau orienté de rutile incolore ne présentant pas la structure aciculaire ordinaire et dont l'extraordinaire finesse ne m'a pas permis encore de démêler la relation géométrique existant certainement entre lui et son hôte.

Cette observation montre que les émanations du magma granitique étaient riches en fer et en titane, mais ces éléments semblent, à l'inverse des alcalis, n'avoir que peu pénétré dans les sédiments et s'être surtout concentrés dans des fentes (¹). J'ai recueilli sous une autre forme un exemple du même fait à Ambohibary, entre Ambatoarina et Ambatofangehana. Au milieu du granite, et à peu de distance d'un contact avec des schistes micacés, une roche à facies porphyrique d'un gris noir, à grain fin, riche en grands cristaux d'un blanc rosé et en octaèdres de magnétite, semble constituer un filon de quelques centimètres d'épaisseur. L'examen microscopique montre que les soi-disant phénocristaux ne sont que des débris (quartz, microcline) du granite; ils sont entourés par un agrégat microgrenu de quartz et de magnétite néogènes; ce dernier minéral est en partie inclus dans le quartz. Quant aux octaèdres macroscopiques, ils englobent souvent les fragments anciens de microcline et de quartz. Enfin,

---

(¹) Il faut certainement attribuer la même origine à de grands et beaux cristaux d'hématite spéculaire, rappelant parfois ceux des volcans, qui abondent à la surface des schistes cristallins latéritisés d'Ambahy, au nord-ouest d'Ambatofinandrahana.

de la masse principale partent des fissures capillaires qui sillonnent le granite voisin présentant la structure cataclastique; elles traversent tous ses minéraux et sont remplies par du quartz et de la magnétite.

Il résulte de cette description qu'il ne s'agit pas là d'une roche filonnienne, mais d'une zone de friction du granite due à des actions dynamiques, contemporaines de la mise en place de celui-ci : cette zone, déformée mécaniquement, a servi de passage aux émanations magmatiques qui y ont déposé le quartz et la magnétite. L'analyse suivante (par M. Raoult) : SiO^2 59,44; Al^2O^3 6,56; Fe^2O^3 22,23; FeO 3,72; MgO 0,28; CaO 0,70; Na^2O 0,58; K^2O 3,81; TiO^2 1,73; P^2O^5 0,36; H^2O 0,48; total 99,81, confirme cette opinion; cette composition ne correspond, en effet, à celle d'aucune roche éruptive connue; elle montre en outre que la plus grande partie de la magnétite est transformée en hématite (martite), ce qu'il est d'ailleurs facile de vérifier directement.

ASTRONOMIE. — *Observations équatoriales de comètes, petites planètes, etc., faites de* 1880 *à* 1904, *par* M. G. **Bigourdan**.

Le Volume (¹) qui renferme ces observations, échelonnées sur un intervalle de 25 années, est formé par la réunion de tirages à part des Volumes annuels des *Observations* de l'Observatoire de Paris; et toutes les observations qu'il renferme ont été faites avec le même instrument, l'Équatorial de la Tour de l'Ouest.

Au commencement (années 1880-1884) les différences d'ascension droite et de déclinaison étaient obtenues lunette fixe, suivant la méthode usuelle, dans laquelle les astres mobiles sont rapportés parfois à des étoiles assez éloignées : les différences d'ascension droite sont déduites de passages aux fils horaires et les différences de déclinaison de pointés avec un fil conduit par une vis micrométrique.

Déjà dans cette période j'employais la vis micrométrique pour reconnaître les petites planètes; on peut ainsi, en 5 ou 6 minutes, distinguer la

---

(¹) Voici le titre de ce Volume : *Observations de Comètes, petites Planètes, Occultations et de phénomènes des Satellites de Jupiter*, faites de 1880 à 1904, par M. G. Bigourdan.

Les observations de 1890, 1901, 1902 et 1903 manquent parce qu'il n'a pas été fait de tirage à part pour ces années. Dans la période 1901-1903, diverses absences n'ont permis de faire que bien peu de ces observations.

petite planète ou la comète cherchée, des étoiles ou des nébuleuses voisines.

Puis, à partir de 1885, j'ai mesuré autant que possible les différences d'ascension droite par cette méthode qui depuis lors s'est répandue peu à peu, en raison des avantages qu'elle présente, surtout pour les astres diffus comme les comètes. En même temps j'ai commencé de l'appliquer sur une grande échelle aux mesures de nébuleuses.

Les mesures renfermées dans ce Volume se terminent avec 1904, époque vers laquelle on a commencé ailleurs l'emploi systématique de la photographie pour la détermination des coordonnées différentielles des comètes et des petites planètes. On peut ainsi rapporter l'astre mobile simultanément à plusieurs étoiles, même éloignées au besoin, et ce moyen présente ainsi, quand les astres ne sont pas trop faibles, des avantages qui aujourd'hui le généralisent rapidement.

MÉMOIRES LUS.

Sur la rééducation fonctionnelle. Un arthrodynamomètre (1), par M. Jules Amar.

La rééducation et le nouvel apprentissage des infirmes et blessés de la guerre prolongent et achèvent, ainsi que nous l'avons déjà dit (2), la rééducation des mouvements pour rétablir, dans toute la mesure possible, la *capacité fonctionnelle* de l'individu. Il faut, avant d'adapter celui-ci au travail de la profession convenable, entraîner d'une façon *méthodique* et *progressive* ses articulations et les muscles qui les commandent. Il est nécessaire, pour cela, d'approprier l'exercice aux conditions anatomo-physiologiques des membres actifs et de se garder de la *brusquerie* et de *l'inopportunité* de certains efforts réputés mécanothérapiques. En principe, nous n'entreprenons les exercices qu'après avoir déterminé *expérimentalement* les forces et les possibilités de mouvements chez un sujet donné, telles que *l'atrophie* de ses muscles et la *raideur* de ses articulations les ont laissées. Faisons remarquer, en outre, que cette dépréciation organique atteint la grande majorité des *amputés* dont les moignons restent souvent

(1) Séance du 31 mai 1915.

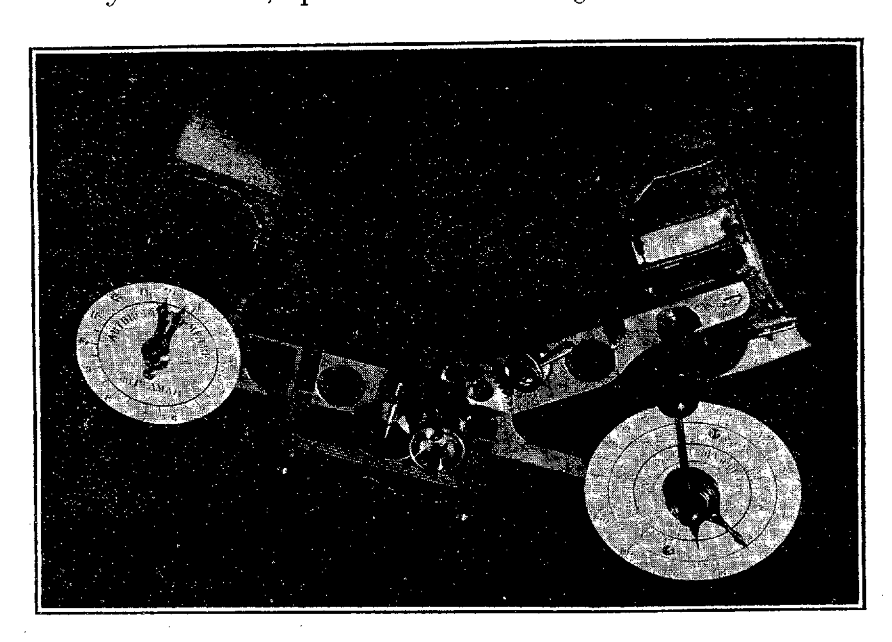
(2) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 159.

plusieurs mois sans l'appareil prothétique utile, et ainsi perdent de leur valeur fonctionnelle. Ce point mérite de retenir l'attention des chirurgiens.

L'amplitude des mouvements et la force musculaire sont les facteurs essentiels du travail physique. Qu'il s'agisse de manœuvrer un marteau, une grosse lime, une varlope, de tourner une manivelle, d'actionner une pédale, *toujours l'effet utile dépend de l'amplitude du mouvement et de la force déployée.*

Nous reviendrons sur les résultats édifiants acquis en observant ces règles directrices. Nous décrirons, en attendant, *un instrument qui permet de mesurer les valeurs des déplacements angulaires des membres et les efforts absolus des groupes musculaires pour tous les degrés de flexion à considérer.*

L'*arthrodynamomètre*, que nous avons imaginé et fait construire, se



compose de deux règles plates en acier, articulées en compas. Elles tournent à frottement faible autour de l'axe et donnent tous les angles de flexion, pratiquement utiles, soit entre 180° et 35°. L'usage de l'instrument en fera comprendre, comme nous allons voir, la disposition.

1° *Mesure des déplacements angulaires des membres.* — L'arthrodynamomètre s'applique sur deux segments du membre, de part et d'autre de l'articulation. Il est muni, à cet effet, de bretelles *élastiques* très résistantes, fixées à des bracelets ouverts, en acier mince et souple. On serre fortement pour que l'attache soit solide, elle ne gène pas cependant le gonflement des muscles quand ils se contractent.

Pour effectuer une mesure angulaire, on desserre l'*écrou* central de la tête articulaire et l'on relève le *cliquet* dont la pointe engrène avec une roue dentée. Puis, agissant sur le *bouton de réglage* situé sous les lames de ressort, on l'amène au contact de la rotule sous-jacente. Si alors on vient à *fléchir* un segment du membre sur l'autre (pied, jambe, main, avant-bras), la branche du compas entraîne une poulie placée sous le cadran de gauche et, par elle, commande la rotation d'une aiguille. Celle-ci se meut devant la graduation disposée sur le cercle extérieur.

Pour les mouvements du membre tout entier, soit dans un plan frontal, soit dans un plan sagittal, c'est-à-dire pour *l'abduction* et *l'adduction*, la manœuvre de l'instrument est la même, sauf qu'on doit serrer l'écrou. L'angle de déplacement est donné par la position que prend *l'aiguille folle* du même cadran, aiguille à contre-poids servant de fil à plomb. Elle indique l'écart angulaire du membre par rapport à la verticale, dans un sens ou dans le sens opposé.

L'amplitude des mouvements, en flexion, abduction ou adduction, dans tous les plans possibles, est ainsi pratiquement mesurée, et avec exactitude.

2° *Mesure de la force absolue des muscles.* — Quant à la force des muscles, on peut en déterminer la *valeur absolue* ou maximum à tous les moments de la flexion. Dans ce but, l'écrou est desserré et le cliquet rabattu sur la roue dentée où il est appuyé, tandis qu'on dévisse le bouton de réglage pour l'amener à toucher les lames de ressort; cela engrène bien le cliquet avec la roue dentée et supprime tout jeu lors de l'entrée en action des muscles.

L'effort exercé sur les bras de levier du compas se transmet donc à la roue dentée, puis aux lames de ressort sur lesquelles fait pression le bouton de réglage. La déformation, à peine sensible, du ressort est amplifiée par un levier coudé terminé en crémaillère courbe à convexité externe, et celle-ci commande un pignon auquel obéit l'aiguille dynamométrique. Les indications sont relevées sur le cadran de droite.

3° *Graduation.* — Sur le cadran des angles de flexion, on a marqué les angles de 180° à 0°; sur celui des déplacements angulaires de tout un membre, on a figuré de 0° à 360°; mais il faudra ici préciser le *sens* de l'écart angulaire par les mots *latéral* (droit ou gauche), ou *sagittal* (antérieur ou postérieur).

Des explications plus détaillées sont nécessaires à l'endroit des mesures de *force absolue.* Les muscles, en tirant sur le segment mobile du membre tandis que le ressort s'oppose à sa flexion, agissent sur un bras de levier de *moment variable.* Leur force, même si elle était constante, produit sur le dynamomètre un effet d'autant plus grand que son moment par rapport à l'axe est lui-même plus grand, ce qui a lieu à mesure de la flexion et jusqu'à une certaine limite. Or, la force n'est pas constante, elle tend à s'épuiser dans le raccourcissement musculaire. Il est donc impossible de l'évaluer exactement, sur le vivant, à toutes les étapes de ce raccourcissement.

C'est pourquoi nous avons établi une graduation *conventionnelle :* la force est supposée agir *normalement* à l'extrémité de la branche de compas, au milieu de l'attache, soit à 8^{cm} du centre de l'articulation. Ce bras de levier étant connu une fois pour toutes, on a indiqué les efforts en *kilogrammes* sur le petit cadran, au lieu d'y représenter des *moments,* c'est-à-dire des produits en kg-cm. Il est clair que cette

convention permet de comparer, à l'extension, ou encore sous le même angle de flexion, les forces de deux membres chez diverses personnes. Ces grandeurs relatives sont les seules qui nous intéressent, pour suivre le progrès de la rééducation fonctionnelle et organiser les exercices professionnels.

Conclusion. — En résumé, tous les infirmes doivent être soumis à un entraînement physiologique. Après quoi on détermine, au moyen de l'arthrodynamomètre, l'amplitude des mouvements et la puissance des muscles pour conditionner le travail. Il y aurait de nombreux inconvénients à procéder différemment.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

A. Rollier. *La cure de Soleil.* (Présenté par M. E. Roux.)

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Le claquement de la balle et de l'obus.* Note (1) de M. Agnus. (Extrait.)

Depuis le début des hostilités, les combattants du front ont pu se familiariser avec un phénomène physique des plus curieux et très peu connu. Nous voulons parler du claquement de la balle et de l'obus.

Lorsqu'on tire un coup de fusil ou de canon avec une arme moderne, dont le projectile a une vitesse bien supérieure à la vitesse du son, un observateur placé dans le voisinage de la trajectoire entend non pas une détonation, mais deux détonations bien distinctes (2).

On désigne par *claquement* de la balle ou de l'obus, celle qui double la détonation normale.

(1) Séance du 31 mai 1915.

(2) Les marqueurs du tir à la cible connaissaient déjà ce phénomène, sans se l'expliquer. Ils pensaient simplement que l'un des sons était dû à la balle qui traversait la cible ou touchait le sol; mais ils ne se rendaient pas compte que, si quelque balle se perdait en l'air sans rien toucher, on percevait néanmoins les deux détonations.

Pour l'expliquer, étudions ce qui se passe lorsqu'un mobile traverse les couches d'air, suivant que sa vitesse est supérieure ou inférieure à la vitesse du son.

Quand une molécule d'air est ébranlée, cet ébranlement se transmet aux molécules voisines. Il se forme une onde sphérique qui se propage avec une vitesse constante, qui est la vitesse du son.

Si cet ébranlement est instantané, comme celui produit par la détonation d'une arme à feu, il ne se forme qu'une onde sphérique. Chaque point de l'atmosphère vibrera une seule fois lorsque le bord de la sphère l'atteindra, puis reprendra l'immobilité.

Si l'ébranlement dure quelque temps, en ayant sa source en un point fixe (sifflet, sirène, air de musique, etc.), le point considéré plus haut entrera en vibration lorsque la première onde l'atteindra, et vibrera aussi longtemps que la source d'ébranlement aura vibré.

Si l'ébranlement est produit par le passage dans l'air d'un mobile dont la vitesse est plus grande que celle du son, ce mobile traverse à chaque instant une couche d'air au repos. Il se produit derrière lui une onde de sillage qui a une forme non sphérique, mais conique. On peut s'en former une idée par le sillage en V d'un bateau. Les ondes qui se propagent à la surface de l'eau, bien que n'étant pas produites par un phénomène absolument identique, présentent beaucoup d'analogie avec les ondes sonores, comme forme et comme résultats, et il est très commode de les comparer à celles-ci, puisque nos sens s'en rendent bien mieux compte.

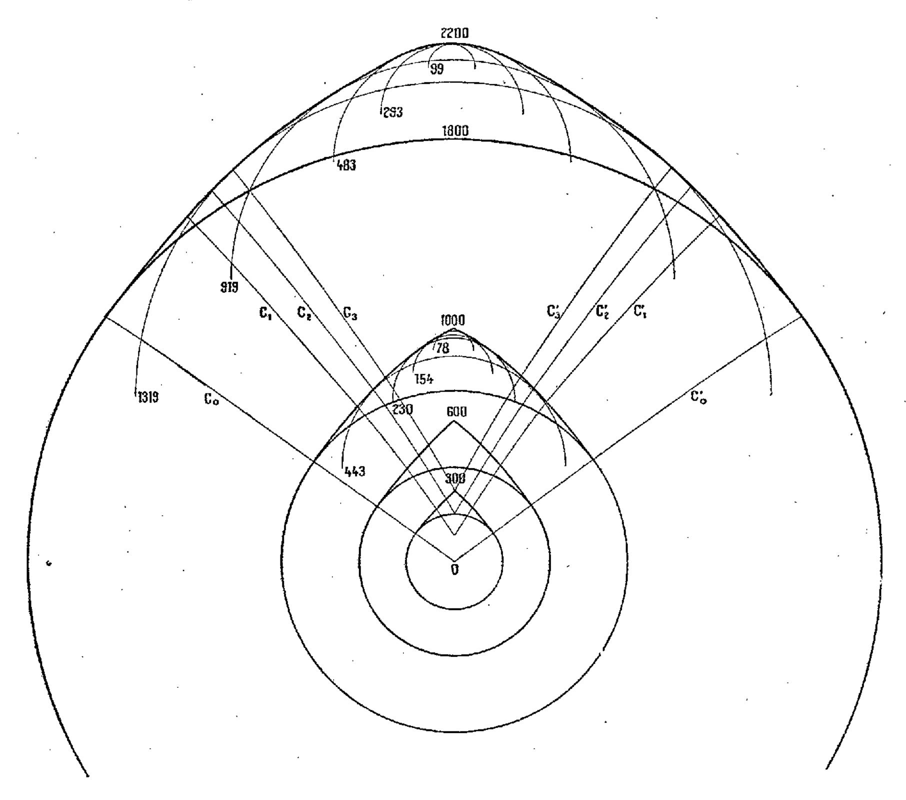
De même que dans le sillage d'un bateau, il n'y a qu'une seule onde de sillage, en forme de V, à la fois enveloppe et résultante de toutes les ondes circulaires émises des différents points de la trajectoire, de même dans le sillage sonore d'un projectile, il n'y a qu'une onde de sillage qui serait un cône si la vitesse du projectile ne diminuait pas. Ce cône a ses génératrices qui s'infléchissent peu à peu vers le sommet, et l'onde du sillage existant lorsque la vitesse du projectile, qui diminue toujours, est égale à la vitesse du son, c'est-à-dire à la distance de 2200^{m} pour l'obus de 75, est une surface ressemblant quelque peu à une des nappes d'un hyperboloïde de révolution (voir la figure).

Lorsque ce sillage arrive à l'oreille de l'observateur, celui-ci perçoit un son instantané, c'est-à-dire une détonation.

Enfin, considérons le quatrième cas d'ébranlement, celui produit par un mobile dont la vitesse est moindre que celle du son; dans ce cas, le mobile arrive à chaque instant dans un endroit déjà influencé par son passage. Les

ondes sphériques ayant leur centre en chaque point de la trajectoire n'ont pas une composante unique. Alors la vibration de chaque molécule d'air dure un certain temps et est irrégulière. Donc, pendant tout ce temps, un observateur placé dans le voisinage perçoit un son continu et irrégulier : c'est le sifflement de la balle ou de l'obus.

Ayant examiné ces différents cas, on se rend compte très facilement des régions de l'atmosphère où l'on entend soit le claquement, soit le sifflement.



La figure ci-dessus représente le sillage sonore du projectile de 75 (obus à balles) à 300^m, 600^m, 1000^m et 2200^m.

Après 100^m de parcours, le projectile a gagné une avance de $0^s,1$ sur l'onde de la détonation; après 500^m il a gagné $0^s,5$; après 1000^m, $0^s,8$; 2200^m il a gagné $1^s,2$. Au delà il reperd son avance.

Pour bien observer le claquement de l'obus de 75, il suffit de se placer à quelques centaines de mètres en avant du canon, non loin de la trajectoire. On l'entend très bien, et très nettement séparé du son provenant du départ du coup. Le claquement de la balle du fusil s'entend encore bien

plus facilement, à cause de la vitesse de la balle bien supérieure à celle de l'obus ([1]).

GÉOLOGIE COMPARÉE. — *Structure de la Syssidère de Kodaïkanal (Indes anglaises); exemple de cataclase chez les fers météoriques.* Note de M. **Stanislas Meunier.**

La météorite, découverte en 1898 à Kodaïkanal, offre, même à première vue, des analogies avec celles de Deesa (Chili), qui s'est signalée naguère comme représentant, parmi les roches cosmiques, un type métallique éruptif, renfermant des enclaves lithoïdes métamorphisées par le contact du fer nickélifère en fusion. Toutefois, les échantillons conservés au Muséum présentent des particularités dont la considération apporte des enseignements nouveaux à la Géologie comparée. Dès 1913, M. le marquis de Mauroy a fait ([2]) plusieurs remarques très judicieuses sur des différences visibles entre les deux masses.

Tout d'abord, le magma métallique, qui a déjà été décrit, mais à mon avis, d'une manière très incomplète par M. Berwerth ([3]), tout en ayant à peu près la composition chimique de celui de Deesa, s'en distingue nettement par sa structure, qui, au lieu d'être presque homogène (ce qui le rend comparable au fer de Caille, lentement refroidi après une fusion artificielle), est au contraire complexe et géométriquement régulière, de façon à procurer, par l'attaque à l'acide d'une surface polie, les célèbres « figures de Widmannstætten ». Celles-ci sont d'ailleurs exceptionnellement fines, au point que, pour les étudier, il a été nécessaire de recourir à l'ingénieux

([1]) Une chose qui a dû frapper tout lecteur attentif, c'est de voir, dans tous les récits consciencieux de chutes de bolides ou d'aérolithes, sans exception, la mention d'une détonation formidable. En général, on dit que le bolide fait explosion, qu'il éclate avec un bruit épouvantable. Et, si on le retrouve plus tard, on constate qu'il n'a pas éclaté le moins du monde et s'est souvent enfoncé dans une terre meuble qui a dû plus ou moins atténuer le bruit du choc. Cette détonation, à notre avis, doit s'expliquer très naturellement d'après la théorie ci-dessus. Elle provient du claquement produit sur l'air par le mobile, et est d'autant plus forte que la vitesse et les dimensions de celui-ci sont plus grandes.

([2]) *Catalogue de la collection des météorites du Vatican*, p. 28. 1 vol. in-4° avec 5 planches, comprenant 61 figures, faisant partie du Tome 2 des *Publications de la Specola astronomica Vaticana*, Rome, 1913.

([3]) *Tschermak's Mineralog. Mittheil.*, t. 25, 1906, p. 179.

dispositif photographique de M. le Dr Latteux, que j'ai précédemment signalé (¹). Par son moyen on reconnaît que, contrairement à ce qui a lieu dans la majorité des fers météoriques, les figures sont loin de se présenter partout de la même manière : leur diversité d'un point à un autre est de haut intérêt. Parfois, elles sont semblables à celles du fer de Caille, si ce n'est qu'elles sont beaucoup plus petites, et pourraient caractériser une *microcaillite*, à côté de la caillite proprement dite. Mais, dès qu'on s'écarte de la région ainsi caractérisée, on voit les éléments minéralogiques de la roche, c'est-à-dire les alliages dits kamacite, tænite et plessite, subir des déformations et des altérations qui les noient peu à peu les uns dans les autres, en une matière uniforme.

Les déformations consistent surtout en torsions et en étirements ordonnés suivant des surfaces de glissement, de part et d'autre desquelles sont visibles de véritables rejets et qu'accompagne une *fluidalité* rendue très manifeste par des tronçons de cristaux métalliques persistant dans une gangue à peu près homogène. L'effet est souvent remarquable par sa ressemblance avec des détails de structure de maintes roches terrestres constitutives des massifs montagneux, au point qu'on ne peut douter de l'identité du mécanisme générateur dans les deux cas.

Les altérations, de leur côté, proviennent de ce que les alliages associés ont très inégalement résisté aux actions secondaires développées à leur contact. Tandis que la kamacite et la plessite se sont, pour ainsi dire, résolues en une matière uniformément grenue, la tænite, qui d'ailleurs a fréquemment résisté (même dans Deesa), a persisté sous la forme de minces filets orientés perpendiculairement aux pressions, c'est-à-dire dans le sens même des écoulements (²).

Ces particularités sont fréquemment compliquées par la présence des enclaves lithoïdes, qui n'ont pas la même composition que celles de la météorite chilienne et qui, parfois vitrifiées, sont souvent restées, ou devenues, en parties cristallines et se distinguent nettement de la tadjérite.

Un pareil ensemble de faits, grâce auquel on peut reconstituer théoriquement la série des conditions géologiques successives ayant collaboré à la complexité de Kodaïkanal, présente cet intérêt de confirmer l'opinion d'une communauté générale de mode de formation entre les roches

(¹) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 582.

(²) C'est ce que montrent nettement les photographies, au grossissement de 25 diamètres, jointes à la présente Note.

terrestres et celles que nous apportent les bolides. Aussi est-il utile de mentionner la prédominance, sur tous les autres, des phénomènes mécaniques, dont le renouvellement incessant au sein des mêmes masses donne à celles-ci leur caractère essentiel.

Il s'agit de l'état de concassement des matériaux rocheux et de sa cause qui résulte de l'une des circonstances les plus fondamentales de toute l'économie planétaire. Celle-ci se révèle comme tout aussi évidente dans l'astre aujourd'hui spontanément désagrégé dont les météorites sont les débris qu'en ce qui a trait à notre globe. En ce qui concerne les météorites pierreuses, on est assez généralement édifié sur leur état bréchoïde. J'ai insisté il y a déjà bien longtemps sur les conséquences de cette cataclase, quant à la notion des relations stratigraphiques des divers types de roches extra-terrestres. Aujourd'hui, les échantillons de Kodaïkanal nous apprennent que les météorites métalliques ont, de même, été concassées dans leur gisement initial et ainsi converties en des conglomérats de fragments. Si tous les fers météoriques ne laissent pas voir cette origine, c'est le plus souvent, même quand ils mesurent une notable fraction de mètre cube, qu'ils représentent un seul des fragments dont il est question; c'est exceptionnellement qu'ils laissent reconnaître le contact mutuel de blocs déplacés et soudés, comme on l'observe si bien dans les masses de Mukerop (Afrique australe) et d'Arispe (Mexique). Mais le plus souvent, même dans une masse unique, les contre-coups des pressions géologiques se sont traduits par des craquellements et des tronçonnements des éléments cristallins : je citerai à cet égard le fer de Dalton, qui donne de très belles figures et qui compte parmi les caillites les plus parfaites, tout en ayant ses poutrelles de kamacite généralement traversées par des cassures diversement orientées, au milieu des alliages empâtants, évidemment plus malléables et qui ont échappé à ce broyage.

On voit par ces détails comment on est conduit à rapprocher des météorites la plupart des roches cristallines terrestres : les théories qui y voient le produit pur et simple de la solidification d'un magma d'abord fondu, négligent des phénomènes d'importance maîtresse. En réalité, quand un magma se refroidit et même après qu'il a cristallisé, les pressions qui s'exercent sur lui, en conséquence de la progression normale des roches en profondeur par suite de la contraction nucléaire, y développent des réactions mécaniques horizontales qui, avant d'enfanter les plissements et les rejets d'où naîtront les montagnes, et même en les enfantant, soumettent les éléments rocheux à un broyage à chaque instant recommencé. Ces travaux

internes et occultes sont comme la monnaie des efforts qui mettent en mouvement les massifs mobiles sur le plan des géoclases. La Géologie comparée est directement intéressée à la constatation, chez les météorites, de traits de structure qui supposent, dans le milieu d'origine de ces roches cosmiques, des conditions coïncidant avec celles de notre propre globe.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le rôle de la chlorophylle.* Note [1] de M. P. Mazé, présentée par M. Roux.

Il y a plus d'un siècle qu'on a attribué à la chlorophylle l'activité de l'évaporation qui se manifeste à la lumière chez les organes verts des végétaux supérieurs. En 1876, Wiesner a montré que le phénomène, lié à la nature des radiations, présente des maxima correspondant aux bandes d'absorption du spectre de la chlorophylle.

Comme il existe un rapport de cause à effet entre le travail chimique qui s'accomplit dans la plante et le volume de la solution nutritive évaporé [2], la relation qui existe entre la chlorophylle et l'activité de la plante se présente ainsi sous un jour très clair.

Il s'agit de l'appuyer par des faits :

Une série de quatre plantes de maïs est mise en culture le 27 avril 1914 dans des flacons de 4^l à 5^l, pourvus de la solution minérale connue $P\frac{1}{2}No^3Na$ (P. Mazé, *loc. cit.*), privée de microbes :

Le 4 juin, on introduit dans les flacons des solutions d'entretien pour combler les vides produits par l'évaporation. On donne à un premier lot de deux plantes (n° 1 et n° 2) la solution suivante qu'il recevra par la suite au fur et à mesure des besoins :

	g
Nitrate de sodium	0,5
Phosphate bipotassique	0,5
Sulfate de magnésium	0,1
Eau de source	1000,0

Le second lot (n° 3 et n° 4) reçoit une solution composée des mêmes éléments à une concentration 10 fois plus grande. Les plantes n°s 1 et 2 servent de témoins aux n°s 3 et 4 dont les racines plongent à partir du 4 juin

(1) Séance du 25 mai 1915.

(2) P. Mazé, *Rôle de l'eau dans la végétation* (*Annales I. P.*, t. 27, p. 1093).

dans une solution dont la concentration théorique en éléments solubles est approximativement 3,4 pour 1000.

Le 24 juin, on n'observe pas encore de différence appréciable, sauf chez le n° 4, qui souffre d'un excès de concentration du liquide nourricier.

Les poids de solution évaporés pendant 48 heures (22 au 24 juin) permettent de comparer l'activité relative des plantes (Tableau I) :

Tableau I.

		Eau évaporée en grammes.
1er lot.	Témoin n° 1	255
	» n° 2	235
2e lot.	Témoin n° 3	240
	» n° 4	165

Le 24 juin, le niveau de l'eau étant de nouveau descendu dans les flacons, on introduit encore dans ces derniers des solutions d'entretien.

La concentration des solutions des nos 3 et 4 atteint approximativement 6,6 et 5,8 pour 1000. A partir de ce moment, le retard des plantes nos 3 et 4 sur les témoins devient très sensible et s'accentue de jour en jour.

Vers le 30 juin, les feuilles terminales du n° 4 deviennent chlorotiques; le n° 3 résiste à la chlorose jusqu'à la fin de l'expérience (8 juillet); mais la couleur de ses feuilles est d'un vert pâle.

J'ai réuni dans le T. II les chiffres qui vont servir à établir les conclusions.

Tableau II.

	Poids sec des plantes.	Eau évaporée par les plantes.	Eau évaporée par kilogramme de poids sec.	Extrait soluble des solutions nutritives à la fin de l'expérience.
	g	g	g	p. 1000
Témoin n° 1	37,671	5841	155	1,169
» n° 2	28,375	4878	171,8	0,950
Solution concentrée n° 3	24,980	4237	169,6	9,040
» » n° 4	16,630	3397	204,2	6,960

On a évalué en outre et séparément, à partir du 24 juin, les pertes de poids dues aux transpirations diurne et nocturne (T. D. et T. N.), à part celles du 25 qui ont été exprimées par un seul chiffre.

La transpiration diurne est comptée de 9^h à 19^h. Ces limites sont imposées par l'orientation de la véranda qui abrite les plantes (P. Mazé, *loc. cit.*). Les résultats sont consignés dans le Tableau III.

TABLEAU III.

Dates.	Plantes témoins.				Plantes des solutions concentrées.			
	N° 1.		N° 2.		N° 3.		N° 4.	
	T. D.	T. N.	T. D.	T. N.	T. D.	T. N.	T. D.	T. N.
Juin 24....	220		170		133		138	
» 25....	220	25	155	20	145	15	105	10
» 26....	258	22	196	24	155	20	125	15
» 27....	260	35	198	27	135	22	115	20
» 28....	298	32	243	37	153	20	122	23
» 29....	238	27	203	25	130	20	105	15
» 30....	237	35	215	25	140	20	113	10
Juillet 1...	293	40	235	38	145	15	127	10
» 2...	237	25	219	28	125	18	123	17

Considérons les poids de solution évaporés par les n°s 1 et 3, et prenons les chiffres du 28 juin comme exemple.

La plante n° 1 a évaporé deux fois plus d'eau que le n° 3, et les dépenses de chaleur sont de part et d'autre 180^{Cal} et 90^{Cal} en chiffres ronds.

Cet écart ne peut être attribué ni au travail chimique de la plante qui se traduit par une absorption de chaleur, ni aux conditions extérieures puisque les plantes sont placées l'une à côté de l'autre, ni enfin à la différence de surface d'évaporation puisque le développement des deux plantes est resté identique jusqu'au 24 juin.

La différence ne peut provenir que de l'énergie calorifique due à la transformation des radiations lumineuses par la chlorophylle.

Une diminution d'activité de la plante doit par suite entraîner une décoloration des organes verts : c'est ce qui s'est produit chez les n°s 3 et 4.

Les feuilles formées par une plante, après la privation de S ou de Fe, se décolorent complètement parce que l'assimilation carbonique y est supprimée [1].

Quelle que soit la cause à laquelle elle se rattache, la chlorose se présente ainsi, non pas comme une maladie, mais comme un moyen de défense de la plante malade contre une élévation exagérée de la température. La cellule végétale, incapable d'assimiler le carbone du gaz carbonique, ne peut vivre au soleil qu'à la condition de perdre sa chlorophylle.

Il y a plus : les chiffres du Tableau II nous montrent que la plante n° 1

(1) P. MAZÉ, *Annales de l'Institut Pasteur*, janvier 1914.

gagne en chiffres ronds 1^g de poids sec par 150^g de poids perdu par la solution nutritive. Le 28 juin elle a donc réalisé un gain de 2^g de poids sec.

Elle a absorbé pour ce travail 8^{Cal} en chiffres ronds, la chaleur de combustion de la molécule de glucose (180^g) étant $679^{Cal},4$ (BERTHELOT, *Chaleur animale*, collection Léauté).

C'est une fraction égale $\frac{1}{22,5}$ de la chaleur employée à évaporer l'eau.

Il résulte de ce fait et de la signification physiologique de la chlorose qu'il est téméraire, à mon avis, d'attribuer, *a priori*, à la chlorophylle une action immédiate sur les transformations chimiques qui président à l'assimilation carbonique.

Les pigments des végétaux supérieurs jouent un rôle purement physique; aucun fait d'expérience ne permet jusqu'ici de leur en attribuer d'autre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée de l'influence de l'acide acétique sur les propriétés synthétisante et hydrolysante de la glucosidase α (glucosidase de la levure basse, desséchée à l'air).* Note (1) de MM. **Em. Bourquelot** et **A. Aubry**, présentée par M. Jungfleisch.

L'influence des acides minéraux et organiques sur l'activité des enzymes dits *hydrolysants*, a fait l'objet d'un grand nombre de recherches; mais ces recherches ont été effectuées alors qu'on ne connaissait à ces agents que leurs propriétés hydrolysantes, de sorte que ces propriétés seules ont été visées dans les expériences instituées sur ce sujet.

Aujourd'hui il est établi, au moins pour certains d'entre eux, que ces enzymes peuvent exercer deux propriétés opposées: que la *glucosidase α*, par exemple, peut hydrolyser le méthylglucoside α ou en déterminer la synthèse. Nous avons donc pensé que, pour compléter nos connaissances relatives à l'influence des acides sur leur activité, de nouvelles recherches étaient nécessaires, portant celles-là sur leurs propriétés synthétisantes.

Dans les essais que nous résumons ci-après (2), nous avons, en premier lieu, étudié l'influence de quantités croissantes d'acide acétique sur l'activité synthétisante de cette même glucosidase α, enzyme actuellement bien connu

(1) Séance du 31 mai 1915.

(2) Ils seront exposés avec plus de détails dans un autre Recueil.

par les nombreuses synthèses d'alcoolglucosides α qu'il a permis de réaliser. En second lieu nous avons fait la même étude relativement à son activité hydrolysante sur le méthyl-*d*-glucoside α.

Les essais des deux séries ayant été poursuivis dans les mêmes conditions expérimentales, leurs résultats ont pu être ainsi facilement comparés.

1. *Synthèse biochimique du méthyl-d-glucoside α en présence de proportions croissantes d'acide acétique.* — Chaque mélange destiné à l'essai était ainsi composé :

Glucose anhydre sous forme de solution aqueuse à 10g pour 100cm³	1g (10cm³)
Eau distillée	50cm³
Alcool méthylique	15g
Acide acétique sous forme de solution titrée	0g à 0g,10
Macéré aqueux de levure basse, desséchée, à 10g pour 100cm³	10cm³
Eau distillée : quantité suffisante pour	100cm³

Neuf de ces mélanges ont été préparés en suivant l'ordre indiqué ci-dessus ; leur teneur en acide acétique pour 100cm³ était de : 0g; 0g,001 ; 0g,005 ; 0g,010 ; 0g,020 ; 0g,040 ; 0g,060 ; 0g,080 ; 0g,100.

Tous ces mélanges, qui accusaient pour $l = 2$ une rotation de $+1°2'$, ont été abandonnés à la température du laboratoire (16° à 20°) jusqu'à l'arrêt de la réaction synthétisante.

Cet arrêt s'est produit, pour les quatre premiers, au bout de 20 à 25 jours, leur rotation s'étant élevée à $+2°10'$ et la proportion de glucose combinée dans chacun d'eux étant très voisine de 0g,50, ce qui correspond à l'équilibre normal. La réaction synthétisante n'a donc pas été sensiblement influencée tant que la proportion d'acide acétique ajouté n'a pas dépassé 0g,01 pour 100cm³ (¹). Mais, dans le cinquième mélange (0g,02 d'acide pour 100cm³), la réaction s'est arrêtée avant d'avoir atteint l'équilibre, la rotation étant seulement de $+1°46'$ et la proportion de glucose combiné de 0g,317. Dans le sixième mélange (0g,040 d'acide), il n'y a eu que des traces de glucose combiné (0g,027), et, à partir du septième (0g,060 d'acide), il n'y a pas eu de réaction.

2. *Hydrolyse biochimique du méthyl-d-glucoside α en présence de pro-*

(¹) L'acidité du mélange est un peu plus forte que celle qui est représentée par l'acide acétique ajouté, le macéré de levure étant légèrement acide.

portions croissantes d'acide acétique. — Chaque mélange était composé de :

Méthyl-*d*-glucoside α	$1^g,0777$ (= 1^g de glucose)
Eau distillée	60^{cm^3}
Alcool méthylique	15^g
Acide acétique sous forme de solution titrée	de 0^g à $0^g,060$
Macéré aqueux de levure basse, desséchée, à 10 pour 100	10^{cm^3}
Eau distillée : quantité suffisante pour	100^{cm^3}

Le glucoside étant dissous dans les 60^{cm^3} d'eau distillée, on a ajouté et mélangé dans l'ordre indiqué les autres substances.

Six mélanges ont été ainsi préparés, qui renfermaient, pour 100^{cm^3}, les quantités ci-après d'acide acétique : 0^g, $0^g,001$, $0^g,010$, $0^g,020$, $0^g,040$ et $0^g,060$. Ils ont été, comme les précédents, abandonnés à la température du laboratoire. Rotation initiale : $+3°24'$.

Les résultats, en ce qui concerne l'influence nocive de l'acide acétique, ont été identiques à ceux des essais relatifs à l'action synthétisante : 1° pas d'influence nocive et rotation abaissée à $+2°10'$, tant que la proportion d'acide ajouté n'a pas dépassé $0^g,010$; 2° réaction arrêtée avant que l'équilibre normal ne soit atteint (rotation égale à $+2°46'$) quand cette proportion s'élevait à $0^g,020$; 3° pas de réaction pour une proportion de $0^g,060$.

Ainsi donc, dans des conditions expérimentales identiques (les milieux renfermant une égale proportion d'alcool méthylique), l'influence nocive de l'acide acétique est la même pour chacune des deux propriétés opposées de la glucosidase α. Restait à savoir si l'arrêt des deux réactions est dû à la destruction de l'enzyme : destruction plus ou moins lente lorsque ces réactions atteignent un certain degré, immédiate lorsqu'elles sont nulles; ou s'il est dû à un empêchement provenant simplement de la présence de l'acide.

On conçoit déjà que la seconde interprétation n'était guère soutenable; autrement, en effet, l'acide aurait eu pour résultat de changer l'équilibre commun aux deux réactions; et précisément il n'y a eu identité entre les deux équilibres (synthèse et hydrolyse) que lorsque la réaction s'est achevée normalement.

Quoi qu'il en soit, on a neutralisé l'acide acétique dans les mélanges où la réaction s'est arrêtée avant d'avoir atteint l'équilibre, ou n'a pas eu lieu, et l'on a attendu une quinzaine de jours : aucun changement ne s'est

produit dans la rotation, ce qui prouve bien que le ferment avait été détruit.

De cet ensemble d'expériences on peut déduire la conclusion suivante : la glucosidase α est très sensible à l'action nocive des acides. Elle est détruite dans des liquides renfermant de très minimes quantités d'acide acétique, et le fait que les deux propriétés (synthétisante et hydrolysante) que possède la macération de levure disparaissent simultanément sous l'influence de ces quantités démontre une fois de plus que les deux propriétés appartiennent bien à un seul et même enzyme.

A 16 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de mai 1915.

Études de Lépidoptérologie comparée, par Charles Oberthür, fasc. X (planches). Rennes, Oberthür, 1915; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Bouvier.)

En temps de guerre. Ce que toute femme doit savoir, par M. Charles Richet. Paris, sans date, en vente à la Croix-Rouge, 12, rue Gaillon; 1 fasc. in-8°.

Petit Atlas céleste, comprenant 5 cartes en deux couleurs, précédé d'une introduction sur les constellations, etc., par G. Bigourdan. Paris, Gauthier-Villars, 1915; 1 fasc. in-8°.

Les blessés de guerre et la cure thermale 1870-1914, par M. F. Garrigou. Toulouse, Douladoure-Privat, 1915; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Armand Gautier.)

Les sculptures et gravures de pieds humains sur rochers, par M. Marcel Baudouin. Paris, Sociétés savantes, 1914; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Charles Richet.)

Almanaque Nautico para el ano 1916, calculaded de orden de la superioridad en el instituto y observatorio de marina de San Fernando, para el meridiano de Greenwich. Seccion tipográfica del observatorio, 1914; 1 vol. in-4°.

Le docteur L. Bertholon (1854-1914). *Sa vie et ses œuvres*, par Ernest Chantre. Tunis, Imprimerie rapide, 1915; 1 fasc. in-8°.

La Tunisie à l'Exposition internationale de Lyon en 1914, par Ernest Chantre. Tunis, Imprimerie rapide, 1914; 1 fasc. in-8°.

Ministère de la Marine. *Mémorial de l'Artillerie navale*, 3e série, t. VIII, 2e livraison de 1914. Paris, Imprimerie nationale, 1914; 1 vol. in-8°.

The Tokyo imperial University Calendar 2573-2574 (1913-1914). 1 vol. in-8°.

La mentalité allemande dans l'histoire, par Camille Flammarion. Paris, Ernest Flammarion, sans date; 1 fasc. in-8°.

Chambre de commerce d'Avignon. *Nos légumes frais, primeurs et fruits.* Procès-verbal de la séance du 17 mars 1915. 1 feuille in-8°.

The Institution of Mechanical Engineers : *Proceedings.* London, Storey's Gate, St James's Park, 1914; 1 vol. in-8°.

Académie d'Agriculture de France : *Des importations de viandes frigorifiées et congelées dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande et de l'influence qu'elles ont eue sur l'élevage et le prix de la viande en Angleterre*, par M. F. Tisserand. Paris, Renouard, Comptes rendus des séances, 1915; 1 feuille in-8°. (Présenté par l'auteur.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JUIN 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

En réponse à une adresse qui lui avait été envoyée par l'Académie, M. l'**Ambassadeur d'Italie** fait parvenir la lettre suivante :

Paris, 50, rue de Varenne,
le 10 juin 1915.

Monsieur le Secrétaire perpétuel,

En faisant suite à ma lettre en date du 29 mai dernier, j'ai l'honneur de vous faire parvenir pour l'Académie des Sciences de l'Institut de France les plus vifs remerciements de Sa Majesté le Roi, mon Auguste Souverain, pour les aimables souhaits envoyés et pour les sentiments si gracieusement exprimés, qui ont été particulièrement agréables à Sa Majesté.

En m'acquittant avec plaisir de ce soin, je saisis cette occasion pour vous renouveler, Monsieur le Secrétaire perpétuel, les assurances de ma considération la plus distinguée.

L'Ambassadeur d'Italie : Tittoni.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. Žujović, Président de l'Académie des Sciences de Belgrade, qui assiste à la séance.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Calcul approximatif de l'influence du climat sur la vitesse d'accroissement de la température avec la profondeur sous le sol.* Note [1] de M. **J. Boussinesq.**

I. Les températures effectives v [2] seront, en y négligeant leur partie

---

[1] Séance du 7 juin 1915.

[2] Voir l'avant-dernier *Compte rendu*, p. 695.

périodique u_p qui n'intéresse qu'une mince couche superficielle, mais en y tenant compte de l'inégalité permanente u_m donnée précédemment,

$$(1)\qquad v = \frac{hE}{1+hE} u_{cm}\left(1-\frac{x}{E}\right) + \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}}\left[\psi(0) - \psi\left(\frac{x}{2a\sqrt{t}}\right) + e^{h^2a^2t+hx}\psi\left(\frac{x}{2a\sqrt{t}} + ha\sqrt{t}\right)\right].$$

Aux petites profondeurs x, où la dérivée $\frac{du}{dx}$ se confond presque avec sa valeur hu' relative à la surface et où, par suite,

$$u = u' + hu'x = u'(1+hx) = \frac{2u_0}{\sqrt{\pi}} e^{h^2a^2t}\psi(ha\sqrt{t})(1+hx),$$

il viendra

$$(2)\qquad v = \left(u' + \frac{hE}{1+hE}u_{cm}\right) + \left(u' - \frac{u_{\grave{e}m}}{1+hE}\right)hx,$$

ou bien, avec une valeur de h comme celle qu'adopte Fourier, $h = 1,2$ (le mètre étant l'unité de longueur), et qui fait le produit hE en quelque sorte infini à côté de l'unité,

$$(3)\qquad v = (u' + u_{em}) + \left(hu' - \frac{u_{em}}{E}\right)x.$$

II. La température extérieure moyenne u_{em} des diverses régions terrestres (émergées) admet probablement, en fonction de la latitude λ, une expression approximative simple, proportionnelle au binome $1 - \alpha\sin^2\lambda$, si α y désigne une constante positive convenablement choisie. D'autre part, la zone comprise, par exemple, sur l'hémisphère où λ est positif, entre l'équateur et le parallèle de latitude λ, a sa hauteur et, par suite, son aire, visiblement proportionnelles à $\sin\lambda$. D'où il suit que, dans le calcul de la valeur moyenne de u_{em} sur l'hémisphère considéré (ou sur toute la surface terrestre), la zone élémentaire comprise entre cette latitude λ et la latitude voisine $\lambda + d\lambda$, entrera par une somme proportionnelle à $(1 - \alpha\sin^2\lambda)d\sin\lambda$, et que cette moyenne générale de u_{em}, égale à zéro par définition, sera elle-même, à un facteur constant près différent

de zéro :

$$\int_{\alpha=0}^{\alpha=\frac{\pi}{2}} (1-\alpha\sin^2\lambda)\,d\sin\lambda = \left(\sin\lambda - \frac{\alpha}{3}\sin^3\lambda\right)_0^{\frac{\pi}{2}} = 1-\frac{\alpha}{3} \quad (^1).$$

Son annulation donne $\alpha = 3$.

Donc les températures permanentes u_{em} pourront être censées proportionnelles au binome $1 - 3\sin^2\lambda$, maximum et égal à 1 pour $\lambda = 0$, minimum et égal à -2 pour $\lambda = \frac{\pi}{2}$. Ainsi, la plus forte valeur négative de u_{em} (aux pôles) sera le double de la plus forte valeur positive (à l'équateur); et, si la variation totale de u_{em} est de 30° (nombre peut-être exagéré, mais qui ne doit pas différer énormément du vrai), ces deux valeurs extrêmes seront respectivement — 20° et 10°.

Entre les deux, u_{em} s'annulera pour $\sin^2\lambda = \frac{1}{3}$ (ou pour $\lambda = 35°16'$ environ); de sorte que la zone (*équatoriale*) à valeurs de u_{em} positives, sera la fraction $\frac{1}{\sqrt{3}} = 0{,}5773$, ou près des $\frac{3}{5}$, de la sphère totale, soit une fois et demie environ le reste, à valeurs de u_{em} négatives.

III. Faisons, pour fixer les idées, u_0 égal à la température présumée de fusion du fer, 1600° environ (²) : ce qui conduirait à prendre

$$E = 30^{m} \times 1600 = 48000^{m} \text{ environ},$$

si la proportion de 1° d'augmentation de la température par 30^m de parcours vertical descendant, constatée en moyenne près de la surface $x = 0$ et à l'époque actuelle, se maintenait dans toute la profondeur E de la croûte. Mais, comme il est clair que cette proportion doit tendre vers zéro dans le bas, à mesure qu'on approche des couches inférieures non

---

(¹) Je rappellerai que nous admettons une proportion *de terre* et *d'eau* à peu près pareille à toutes les latitudes.

(²) C'est le nombre qu'indique l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1912, p. 469. Peut-être, d'après les déterminations les plus récentes des physiciens chimistes (donnant 1505°), y aurait-il lieu d'en retrancher presque une centaine de degrés. Comme, d'autre part, notre zéro de température propre à la question correspond à — 5° environ de température moyenne extérieure pour $\lambda = 45°$, au lieu de 12 degrés centigrades habituellement admis comme température moyenne à cette latitude, notre zéro excède d'une bonne quinzaine de degrés le point de fusion de la glace. Il faudrait donc, ce semble, retrancher en tout quelque chose comme 110 du

refroidies encore, la proportion *moyenne* sur toute l'épaisseur E ne pourra sans doute pas même être la moitié de 1° par 30^m; et l'épaisseur E de la croûte excédera le double de 48000^m. Prenons donc, en nombre rond, $E = 100000^m$. Alors la formule (3) ci-dessus donnera, près du sol, comme rapidité actuelle d'accroissement de la température avec la profondeur, et vu, finalement, que la valeur moyenne de u_{em} est nulle,

$$(4) \qquad (\text{pour } x = 0) \qquad \frac{dv}{dx} = hu' - \frac{u_{em}}{100000} = (\text{en moyenne})\, hu'.$$

Avec la valeur moyenne actuelle, $\frac{1^\circ}{30}$ environ, de cette rapidité d'accroissement, on aura

$$(5) \qquad (\text{pour } x = 0) \qquad \frac{dv}{dx} = \frac{1^\circ}{30} - \frac{u_{em}}{100000} = \frac{1^\circ}{30}(1 - 0{,}0003\, u_{em}).$$

IV. Aux pôles, où l'on admet $u_{em} = -20°$, la rapidité considérée d'accroissement ne se trouvera donc augmentée par u_{em}, c'est-à-dire par *l'inégalité permanente de l'action solaire*, que de moins d'un centième de sa valeur moyenne. A l'équateur, où l'on prend $u_{em} = 10°$, elle est, au contraire, réduite par la même inégalité, mais dans un rapport moitié moindre. A nos latitudes, voisines de 45°, où l'on pourra faire $u_{em} = -5°$, la proportion dont il s'agit se trouve un peu accrue, mais le quart seulement comme aux pôles.

En résumé, dans l'hypothèse communément admise (même de nos jours) d'une croûte terrestre assez mince, reposant sur la masse en fusion ou pâteuse d'où cette croûte serait sortie par voie d'une rapide solidification, l'inégalité permanente de l'action solaire, ou la différence des climats due à cette inégalité, n'influe que très peu sur la rapidité d'accroissement des températures terrestres avec la profondeur sous le sol.

---

nombre 1600 admis pour u_0 dans nos calculs. Mais il n'en résulterait pas de réduction à effectuer sur l'épaisseur E de la croûte, qu'on pourrait encore supposer, en nombre rond, de 10 myriamètres; car cette épaisseur doit excéder, dans un rapport quelque peu *notable*, le double du produit

$$30^m \times (1600 - 110) = 44\,700^m.$$

La valeur $E = 100\,000^m$ conviendrait donc, peut-être, encore mieux que pour $u_0 = 1600$. Or il n'y avait lieu, ici, de se donner u_0 que pour arriver à une valeur approximative de E.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les congruences* W *qui appartiennent à un complexe du second ordre. Cas où l'équation en* S *a une racine triple.* Note de M. C. **Guichard.**

M. Bianchi a appelé W les congruences telles que les lignes asymptotiques se correspondent sur les deux surfaces focales. Relativement à ces congruences M. Darboux (*Leçons*, 2e partie, Livre IV, Chap. XV) a démontré un théorème qui est fondamental dans cette théorie : c'est que les six coordonnées vectorielles de la ligne droite qui décrit la congruence satisfont à une même équation linéaire du second ordre. Si l'on prend comme paramètres u, v les paramètres des lignes asymptotiques des surfaces focales, cette équation devient une équation de Laplace. J'effectuerai sur les coordonnées vectorielles une substitution linéaire de façon à ramener la relation quadratique qui relie les six coordonnées $x_1, \ldots, x_6$ à la forme

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_6^2 = 0. \tag{1}$$

Ces coordonnées doivent être des fonctions de u et v satisfaisant à l'équation

$$\frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} = P_1 \frac{\partial x}{\partial u} + Q_1 \frac{\partial x}{\partial v} + R_1 x. \tag{2}$$

On voit que la théorie des congruences W se ramène à celle des congruences I dans l'espace à six dimensions.

Si la congruence appartient à un complexe du second ordre, on aura entre les x_i la relation

$$\varphi(x_1, x_2, \ldots, x_6) = 0,$$

φ étant homogène et du second ordre. On sait qu'*en général* on pourra, par une substitution orthogonale qui n'altère pas la forme (1), ramener φ à la forme

$$\omega_1 x_1^2 + \omega_2 x_2^2 + \ldots + \omega_6 x_6^2 = 0. \tag{3}$$

Les cas d'exception, qui correspondent à des complexes bien connus, seront étudiés plus tard. Pour le moment, je me borne au cas où l'équation du complexe peut être ramenée à la forme (3) ; $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_6$ sont les racines de l'équation en S de la forme φ. Des relations (1) et (3) on déduit

$$(\omega_1 + h) x_1^2 + (\omega_2 + h) x_2^2 + \ldots + (\omega_6 + h) x_6^2 = 0.$$

Si l'on pose

$$y_i = \sqrt{\omega_i + h}\, x^i,$$

on aura

(4) $$y_1^2 + y_2^2 + \ldots + y_6^2 = 0,$$

(5) $$\frac{y_1^2}{\omega_1 + h} + \frac{y_2^2}{\omega_2 + h} + \ldots + \frac{y_6^2}{\omega_6 + h} = 0.$$

Les y sont les coordonnées d'une droite, d'après la relation (4); cette droite décrit une congruence W, car les fonctions (y) satisfont à l'équation (2); cette congruence appartient à un complexe du second ordre; l'équation de ce complexe est l'équation (5). On voit qu'à toute solution du problème pour le complexe (3) on en fait correspondre une pour le complexe (5) et inversement.

Avant d'étudier le cas général, je vais examiner les cas particuliers où les quantités ω_i ne sont pas toutes distinctes. D'abord, si l'équation en S a une racine quadruple $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \omega_4$, on pourra, en tenant compte des relations (1) et (3), ramener l'équation du complexe à la forme

$$a x_5^2 + b x_6^2 = 0.$$

Le complexe se décompose en deux complexes linéaires; dans ce cas, la question ne se pose même pas. On sait, en effet, que toute congruence appartenant à un complexe linéaire est une congruence W.

Je vais étudier le cas de la racine triple. Si

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3,$$

l'équation du complexe se ramène à la forme

(6) $$a x_4^2 + b x_5^2 + c x_6^2 = 0.$$

Le problème revient à trouver six solutions d'une équation de la forme (2) satisfaisant aux relations (1) et (6). Si l'on pose

$$X_i = \frac{x_i}{x_6},$$

on aura

(7) $$X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 + X_5^2 = -1,$$

(8) $$a X_4^2 + b X_5^2 + c = 0$$

et les fonctions X satisfont à une équation de la forme

(9) $$\frac{\partial^2 X}{\partial u\, \partial v} = P \frac{\partial X}{\partial u} + Q \frac{\partial X}{\partial v}.$$

La relation (8) conduit à poser

$$X_4 = \sqrt{-\frac{c}{a}}\cos\varphi, \qquad X_5 = \sqrt{-\frac{c}{b}}\sin\varphi.$$

On vérifie facilement que si l'équation (9) admet les solutions $\sin\varphi$ et $\cos\varphi$, on a

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} = P\frac{\partial\varphi}{\partial u} + Q\frac{\partial\varphi}{\partial v} \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\varphi}{\partial v} = 0,$$

φ ne dépend que d'une seule des variables u et v, je suppose

$$\varphi = v.$$

On aura alors

(10) $$X_4 = \sqrt{\frac{-c}{a}}\cos v, \qquad X_5 = \sqrt{\frac{-c}{b}}\sin v,$$

(11) $$X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 = -1 + \frac{c}{a}\cos^2 v + \frac{c}{b}\sin^2 v = F^2(v).$$

On voit en outre que dans l'équation (9) le coefficient Q doit être nul. On voit que le problème revient à trouver trois fonctions X_1, X_2, X_3 satisfaisant à la relation (11) et solutions d'une équation de la forme

(12) $$\frac{\partial^2 X}{\partial u\,\partial v} = A_1\frac{\partial X}{\partial u}.$$

Cela posé, je distinguerai deux cas :

1° $$a = b = c.$$

La fonction $F(v)$ est nulle, on a donc

$$X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 = 0.$$

On est conduit à poser

(13) $$X_1 = \rho\cos\psi, \qquad X_2 = \rho\sin\psi, \qquad X_3 = i\rho.$$

En écrivant que X_1, X_2, X_3 sont solutions de l'équation (12) on trouve les conditions

(14) $$\frac{\partial\psi}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v} = 0,$$

(15) $$\frac{\partial^2\rho}{\partial u\,\partial v} = A_1\frac{\partial\rho}{\partial u},$$

(16) $$\frac{\partial\rho}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v} + \frac{\partial\rho}{\partial v}\frac{\partial\psi}{\partial u} + \rho\frac{\partial^2\psi}{\partial u\,\partial v} = A_1\rho\frac{\partial\psi}{\partial u}.$$

La condition (14) montre que ψ ne dépend que d'une seule des variables u et v. Je pose d'abord

$$\psi = v.$$

L'équation (16) donne

$$\frac{\partial \rho}{\partial u} = 0.$$

Les six coordonnées $X_1, \ldots, X_6$ ($X_6 = 1$) seraient des fonctions de v, la droite ne décrit pas une congruence, ce cas est à rejeter. Je poserai donc

$$\psi = u.$$

Les conditions (15) et (16) donnent

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial u\, \partial v} = A_1 \frac{\partial \rho}{\partial u}; \qquad \frac{\partial \rho}{\partial v} = A_1 \rho,$$

d'où

$$\rho \frac{\partial^2 \rho}{\partial u\, \partial v} = \frac{\partial \rho}{\partial u} \frac{\partial \rho}{\partial v}$$

dont l'intégrale générale est

$$\rho = UV.$$

Les six coordonnées sont donc

$$X_1 = UV \cos u, \qquad X_2 = UV \sin u, \qquad X_3 = i\,UV,$$
$$X_4 = i \cos v, \qquad X_5 = i \sin v, \qquad X_6 = 1.$$

En divisant les six coordonnées par V on a le résultat suivant : *Les coordonnées x_1, x_2, x_3 sont des fonctions de u dont la somme des carrés est nulle ; de même x_4, x_5, x_6 sont des fonctions de v dont la somme des carrés est nulle.*

Remarque. — Dans ce cas particulier, le complexe est singulier; il est formé par l'ensemble des tangentes à une quadrique; il en résulte que l'une des surfaces focales de la congruence W est une quadrique. Dans un travail déjà ancien (*Comptes rendus*, 1890), j'ai indiqué une méthode pour déterminer une congruence W quand on connaît une surface focale. En appliquant cette méthode à une quadrique, on obtiendrait une nouvelle solution du problème que je viens de résoudre.

2° Les trois nombres a, b, c ne sont pas égaux, $F(v)$ est différent de zéro. En posant

$$X_i = \alpha_i F(v) \qquad (i = 1, 2, 3),$$

on aura

$$\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 = 1. \tag{17}$$

En portant les valeurs de X_i dans (12), on voit que les α satisfont à une équation de la forme

$$\frac{\partial^2 \alpha}{\partial u \, \partial v} = A \frac{\partial \alpha}{\partial u}. \tag{18}$$

Le point M, qui a pour coordonnées α_1, α_2, α_3, décrit sur la sphère de rayon 1 un réseau orthogonal; comme l'équation (18) ne contient pas de terme en $\frac{\partial \alpha}{\partial v}$, on en conclut que les courbes $u = \text{const.}$ sont des grands cercles. Le système est donc formé d'une famille de grands cercles et de leurs trajectoires orthogonales. On sait déterminer ces systèmes, par conséquent le problème posé est *complètement résolu*.

M. **Maquenne** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *L'œuvre scientifique de M.* Albert Arnaud, professeur au Muséum d'Histoire naturelle, 1853-1915.

M. A. **Blondel** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Calcul des lignes aériennes au point de vue mécanique par des abaques.*

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de sept de ses Membres qui, réunis aux Membres du Bureau, devront constituer la Commission chargée de décerner le prix *Leconte*.

MM. **Chauveau**, **Guyon**, **Roux**, **Laveran**, **Labbé**, **Dastre**, **Landouzy** réunissent la majorité des suffrages.

MÉMOIRES LUS.

La pyoculture (1); par M. **Pierre Delbet**.

Les examens bactériologiques courants (frottis et cultures) ne renseignent pas sur la gravité de l'infection d'une plaie.

(1) Séance du 7 juin 1915.

La présence de certains microbes dans le pus ne permet pas d'affirmer que le type d'infection dont ils sont capables sera réalisé. Par exemple, on trouve du vibrion septique et du *Bacillus perfringens* chez des blessés qui n'ont pas de gangrène gazeuse.

L'inoculation des cultures aux animaux ne renseigne pas davantage. J'ai vu le *perfringens* provenant de moribonds ne produire aucune lésion chez le cobaye. Inversement, j'ai vu le vibrion provenant d'un malade dont l'état général était satisfaisant tuer le cobaye en trois jours.

La mesure du pouvoir opsonique du sérum sanguin ne peut renseigner sur l'évolution d'une plaie, parce que l'état local joue un rôle très important. La dilacération des tissus et des muscles est un des principaux facteurs de gravité des infections que nous observons actuellement. Il suffit pour s'en rendre compte de constater que telle culture de *perfringens*, qui ne produit rien chez l'animal si on l'injecte avec précaution, est capable de le tuer si l'on dilacère les muscles avec l'aiguille.

Je me suis demandé si l'on ne pourrait pas être renseigné sur le complexe d'éléments d'où dépend la gravité de l'infection d'une plaie en cultivant les microbes dans le pus lui-même.

Un grand nombre de propriétés des humeurs se conservent *in vitro*. Les globules blancs, qui sont si nombreux dans certains pus, sont capables de vivre hors de l'organisme. On pouvait donc espérer que les sécrétions d'une plaie, étant placées dans une étuve à l'abri de la dessiccation, seraient le siège de phénomènes capables de renseigner sur les relations du malade et de la plaie avec les microbes et que la pyoculture donnerait des renseignements importants sur l'évolution de l'infection, c'est-à-dire sur le pronostic et, partant, sur les indications thérapeutiques.

Il m'a semblé que si les conditions générales et locales étaient telles que le malade ne puisse pas lutter contre les microbes, ceux-ci seraient en grand nombre et cultiveraient abondamment dans les sécrétions de la plaie. Si au contraire ces conditions permettaient la lutte, les microbes cultiveraient peu et moins par exemple que dans un bouillon ordinaire. Enfin, si ces conditions avaient permis le triomphe du malade, les microbes ne cultiveraient pas dans les sécrétions de la plaie et peut-être même y seraient détruits. On aurait ainsi trois états, correspondant au triomphe des microbes, à la lutte, au triomphe du malade.

L'expérience a montré la légitimité de ces hypothèses.

Voici comment je procède :

Je prélève du pus de la plaie suivant la technique habituelle. Avec le contenu de la

pipette, je fais un frottis sur lame, un ensemencement sur bouillon peptoné, puis je referme la pipette à la lampe et, en la préservant de l'évaporation, je la place à l'étuve en même temps que le tube ensemencé.

24 heures après, je fais des préparations avec le contenu de la pipette et avec le bouillon. C'est de la comparaison de ces préparations qu'on peut tirer des renseignements précieux sur le pronostic et sur les indications opératoires. Dans certains cas il est bon de refaire des ensemencements avec le contenu de la pipette après 24 heures d'étuve.

Ne pouvant envisager ici, faute de place, toutes les éventualités possibles, je me borne aux cas types.

La pyoculture positive (culture abondante dans le pus, plus abondante que dans le bouillon) indique un pronostic très grave et commande les larges débridements.

La pyoculture nulle (pas de culture dans le pus, culture dans le bouillon) indique une lutte qn'il faut aider par la thérapeutique.

La pyoculture négative (bactériolyse des microbes dans le pus) indique le triomphe du malade et commande l'abstention.

Dans les plaies de guerre, les espèces microbiennes sont le plus souvent très nombreuses et les humeurs n'ont pas toujours les mêmes propriétés vis-à-vis de chacune d'elles. La pyoculture est souvent *élective*. Certains microbes peuvent être tués, tandis que d'autres se développent dans le pus. Ces divers états s'expriment aisément par des formules de ce type : pyoculture positive en streptocoque, négative en *perfringens ;* ou bien : négative en staphylocoque, positive en vibrion..

Pour tirer des indications pronostiques et thérapeutiques de ces formules complexes, il faut songer que la gravité immédiate, le danger pressant, vient surtout du *perfringens* et du vibrion.

On pourrait penser qu'il y a toujours concordance entre les données de la clinique ordinaire et ceux de la pyoculture. Dans ce cas, cette dernière n'aurait pas d'intérêt pratique, mais il n'en est rien.

Bien évidemment, les divergences ne peuvent être que transitoires. Si elles allaient s'accentuant, la pyoculture ne vaudrait rien pour une autre raison plus fondamentale : elle ne nous renseignerait pas sur l'évolution d'une plaie infectée. Les courbes se rejoignent ; mais dans la période de début, elles peuvent diverger notablement et c'est dans cette période que la thérapeutique a le plus de chances de succès.

Ne pouvant citer ici les observations, je dirai seulement que la pyoculture m'a permis, d'une part, de faire certaines interventions précoces qui ne paraissaient pas indiquées par la clinique et qui, j'en ai la conviction, ont

sauvé les malades; d'autre part, d'éviter certaines opérations qui paraissaient indiquées par la clinique et qui auraient été au moins inutiles.

J'ajoute que la pyoculture, en donnant la possibilité de faire à chaque instant le bilan du malade et des microbes, permet d'étudier l'action des agents thérapeutiques et que peut-être elle facilitera l'étude des processus de défense.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

De la portée des projecteurs de lumière électrique, par Jean Rey. (Présenté par M. A. Blondel.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une nouvelle Table de diviseurs des nombres.* Note (¹) de M. **Ernest Lebon**.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences un complément à la Note du 5 octobre 1914 (t. 159, p. 597) (²).

1. Je représente un nombre $BK + I$ par le symbole $(K; I)$.

En général, on amène un nombre $(K_1; I)$ à la forme $(K; 1)$ en multipliant ce nombre par I' tel que $II' = (k; 1)$. Avant de calculer la caractéristique

$$K = I' K_1 + k,$$

obtenue quand on amène un nombre $(K_1; I)$ à la forme $(K; 1)$, il faut faire, s'il y a lieu, les calculs que je vais indiquer.

1° Comme le nombre $(K_1; I)$ peut être divisible soit par I', soit par un ou plusieurs des facteurs premiers $p_1, p_2, \ldots$ de I', il faudra d'abord diviser le nombre $(K_1; I)$ par $I'^m, p_1^m, p_2^m, \ldots$ $(m = 1, 2, \ldots)$, ce qui ramène à se servir d'un autre indicateur I et d'un autre K_1.

(¹) Séance du 7 juin 1915.

(²) A cette Note se rapporte un Mémoire publié dans le *Compte rendu* de la 43ᵉ session de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, p. 29-35 (Le Havre, 28 juillet 1914); j'ai présenté le principe de la nouvelle Table à la séance du 2 août de la 41ᵉ session, tenue à Nîmes en 1912 (*Résumés*, p. 63).

2° On cherche le plus grand diviseur commun Δ à I et à K_1.

Si $\Delta > 1$, on divise par Δ le nombre $(K_1; I)$; on obtient ainsi le nombre $(\chi; I_\chi)$.

Quand $I_\chi = 1$, la nouvelle Table fait connaître si $(\chi; I_\chi)$ est composé et permet de trouver ses facteurs premiers. Quand $I_\chi \neq 1$, on est conduit à chercher la composition d'un nombre pour lequel χ et I_χ sont premiers entre eux. On est donc amené à se servir d'un autre Tableau I_χ.

Il peut encore arriver qu'on soit obligé d'appliquer les deux opérations précédentes au nouveau nombre qu'elles ont donné.

2. Voici plusieurs propriétés non signalées des progressions arithmétiques de terme général BK + I. Elles seront appliquées à la construction de la nouvelle Table.

1° *Lorsqu'on a le produit* $II' = (k; I'')$, *les suppléments* $I_s = B - I$ *et* $I'_s = B - I'$ *ont pour produit* $I_s I'_s = (k_s; I'')$, *et la caractéristique*

$$k_s = k + B - (I + I').$$

2° *Lorsqu'on a le produit* $II' = (k; I'')$, *le produit de* I *par le supplément* $I'_s = B - I'$ *a pour caractéristique par excès* $k_e = I - k$ *et pour indicateur* $-I''$; *le produit de* I' *par* $I_s = B - I$ *a pour caractéristique par excès* $k'_e = I' - k$ *et pour indicateur* $-I''$.

Des propriétés 1° et 2° on tire la relation

$$k + k_s + k_e + k'_e = B.$$

3° *Lorsqu'on a* $II' = (k; I'')$, *tout nombre d'indicateur* I'' *qui admet le facteur* I, *par exemple, a pour valeur* $I(Bn + I')$ *et la valeur de* K *qui correspond à ce nombre est* $In + k$.

4° Soit $II' = (k; 1)$; aux valeurs $I'n + k$ de K correspondent des multiples de I' égaux aux produits de I' par les nombres $Bn + I$. Soit le nombre $(K_1; I)$; amené dans la nouvelle Table, ce nombre devient $(I'K_1 + k; 1)$; sa valeur de K, étant $I'K_1 + k$, a la forme $I'n + k$. Par suite :

Les nombres $(K_1; I)$ *d'un Tableau* I *sont amenés dans la nouvelle Table précisément sur la ligne où* $K = I'n + k$, *et ces nombres ont la forme* $Bn + I$.

Les choses se passent donc comme si, les valeurs de K_1 s'espaçant convenablement, chaque Tableau I venait s'emboîter dans le Tableau $I = 1$.

3. La nouvelle Table contiendra moins de lignes que la Table formée par les 5760 Tableaux I.

D'abord, parce qu'on appliquera les calculs indiqués au n° 1.

Ensuite, parce que, à plusieurs lignes de la Table formée avec les 5760 indicateurs, correspond une seule ligne du Tableau I = 1. Considérons, par exemple, un nombre (K; 1) du Tableau I = 1, où, à K = 82136451 correspondent les trois facteurs premiers 13331, 13337, 13873. Les trois nombres

$$13331.13337 = (5920;\ 17947),$$
$$13337.13873 = (6161;\ 9371),$$
$$13873.13331 = (6158;\ 16223)$$

doivent être respectivement multipliés par 13873, 13331, 13337 pour être amenés à la forme (K; 1); les valeurs de K qui correspondent à ces nombres égalent toutes 82136451. Donc, dans cet exemple, à trois lignes de la Table formée avec les 5760 indicateurs correspond une seule ligne du Tabeau I = 1.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur l'élément linéaire des hypersurfaces.* Note (¹) de M. E. **Bompiani**.

1. Il est bien connu (²) que le carré de l'élément linéaire d'une surface n'est une forme différentielle d'un seul argument que dans le cas d'une développable isotrope (et ses dégénérescences). Il est peut-être intéressant de chercher à :

Déterminer les hypersurfaces V_{n-1} de S_n telles que leur ds^2 soit une forme quadratique de $m < n-1$ différentielles.

2. Supposons l'espace euclidien et $m = n-2$. Soient $x_i\ (\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-1})$ les coordonnées rectangulaires d'un point quelconque de l'hypersurface; si, comme on peut le supposer, la différentielle $d\alpha_{n-1}$ ne doit pas figurer dans le ds^2,

$$ds^2 = \sum_1^n {}_i\, dx_i^2 = \sum_1^n {}_i \left(\frac{\partial x_i}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 + \ldots + \frac{\partial x_i}{\partial \alpha_{n-1}} d\alpha_{n-1} \right)^2 = \sum_1^{n-2} {}_{\mu,\nu} A_{\mu\nu}\, d\alpha_\mu\, d\alpha_\nu,$$

(¹) Séance du 7 juin 1915.

(²) Darboux, *Théorie des surfaces*, 1914, t. I, p. 209.

on aura les $n-1$ relations

$$\text{(I)} \qquad \sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{\partial x_i}{\partial \alpha_{n-1}} \frac{\partial x_i}{\partial \alpha_s} = 0 \qquad (s = 1, \ldots, n-1);$$

d'où, par différentiation ([1]),

$$\sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{\partial x_i}{\partial \alpha_{n-1}} \frac{\partial^2 x_i}{\partial \alpha_s \, \partial \alpha_{n-1}} = 0,$$

$$\sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{\partial x_i}{\partial \alpha_{n-1}} \frac{\partial^2 x_i}{\partial \alpha_s \, \partial \alpha_t} + \sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{\partial^2 x_i}{\partial \alpha_s \, \partial \alpha_{n-1}} \frac{\partial x_i}{\partial \alpha_t} = 0 \qquad (t = 1, \ldots, n-1),$$

et, en particulier, en posant $s = n-1$ dans la dernière, en vertu de la précédente,

$$\text{(II)} \qquad \sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{\partial^2 x_i}{\partial \alpha_{n-1}^2} \frac{\partial x_i}{\partial \alpha_s} = 0.$$

Les dérivées $\frac{\partial x_i}{\partial \alpha_{n-1}}$ ne peuvent pas être toutes nulles (autrement la variété ne serait pas une hypersurface); on pourrait avoir $\frac{\partial^2 x_i}{\partial \alpha_{n-1}^2} = 0$, c'est-à-dire

$$x_i = f_i(\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-2})\, \alpha_{n-1} + \varphi_i(\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-2});$$

ce type rentre dans le cas général que nous allons discuter.

Les dérivées premières et secondes des x_i par rapport à α_{n-1} satisfont à un même système de $n-1$ équations homogènes, le rang de la matrice des coefficients étant $n-1$ (dimension de V_{n-1}). On en conclut

$$\text{(III)} \qquad \frac{\dfrac{\partial^2 x_1}{\partial \alpha_{n-1}^2}}{\dfrac{\partial x_1}{\partial \alpha_{n-1}}} = \frac{\dfrac{\partial^2 x_2}{\partial \alpha_{n-1}^2}}{\dfrac{\partial x_2}{\partial \alpha_{n-1}}} = \ldots = \frac{\dfrac{\partial^2 x_n}{\partial \alpha_{n-1}^2}}{\dfrac{\partial x_n}{\partial \alpha_{n-1}}},$$

d'où l'on déduit

$$x_i = f_i(\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-2})\, \lambda + \varphi_i(\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-2})$$

[avec $\lambda = \lambda(\alpha_{n-1})$]. En tenant compte des (I), on trouve

$$\sum_{1}^{n}{}_{i} f_i^2 = 0, \qquad \sum_{1}^{n}{}_{i} f_i \frac{\partial \varphi_i}{\partial \alpha_s} = 0 \qquad (s = 1, \ldots, n-2)$$

([1]) Le calcul est presque le même que celui de M. Darboux, *loc. cit.*

et

$$\sum_{1}^{n}{}_i f_i x_i = \sum f_i \varphi_i;$$

$$\sum_{1}^{n}{}_i \frac{\partial f_i}{\partial \alpha_s} x_i = \sum_{1}^{n}{}_i \frac{\partial f_i}{\partial \alpha_s} \varphi_i = \frac{\partial}{\partial \alpha_s} \sum_{1}^{n}{}_i f_i \varphi_i = \frac{\partial}{\partial \alpha_s} \sum_{1}^{n}{}_i f_i x_i.$$

L'hypersurface est réglée à génératrices isotropes; elle est l'enveloppe des ∞^{n-2} hyperplans d'équation

$$\sum_{1}^{n}{}_i f_i(\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-2}) x_i = \sum_{1}^{n}{}_i f_i \varphi_i.$$

Il pourrait pourtant arriver que les f_i ne contiennent quelques-unes des α_s : à cause de la relation $\sum_{1}^{n}{}_i f_i \frac{\partial \varphi_i}{\partial \alpha_s} = 0$, le même fait arrivera pour $\sum_{1}^{n}{}_i f_i \varphi_i$; en ce cas, l'hyperplan enveloppant V_{n-1} décrira un système $\infty^{n-\nu-1} (\nu > 0)$.

Alors, en rappelant un théorème de M. Segre (¹), on a :

Les hypersurfaces V_{n-1} de S_n telles que leur ds^2 soit une forme quadratique de $n-2$ différentielles sont enveloppées par $\infty^{n-\nu-1}$ $(\nu > 0)$ hyperplans tangents à l'absolu. V_{n-1} est lieu de $\infty^{n-\nu-1}$ espaces S_ν (à ν dimensions); chaque S_ν est rencontré par les infiniment voisins dans les points d'une variété de $\nu - 1$ dimensions et d'ordre $n - \nu - 1$ (avec les cas de dégénérescences). Les $S_{\nu-1}$ à l'infini des S_ν sont tangents à l'absolu.

Il est aisé de confirmer cette dernière partie de l'énoncé.

Il suit de là que :

Si deux V_{n-1}, telles que les précédentes, sont applicables l'une sur l'autre, elles doivent se comporter de la même manière par rapport à l'absolu et par conséquent avoir les espaces générateurs de même dimension (²).

3. Si m pouvait être $< n - 2$, on déduirait, comme au n° 2, des rela-

(¹) *Preliminari di una teoria...* (*Circ. Palermo*, 1910), n. 16, 22.

(²) Cela explique pourquoi le plan isotrope est une surface rigide (DARBOUX, *loc. cit.*, p. 211); c'est la seule surface du type précédent avec un seul point sur le cercle à l'infini.

tions, analogues aux (III), qu'on pourrait écrire

$$\frac{\frac{\partial x_1}{\partial \alpha_{n-1}}}{\frac{\partial x_1}{\partial \alpha_{n-2}}} = \frac{\frac{\partial x_2}{\partial \alpha_{n-1}}}{\frac{\partial x_2}{\partial \alpha_{n-2}}} = \ldots = \frac{\frac{\partial x_n}{\partial \alpha_{n-1}}}{\frac{\partial x_n}{\partial x_{n-2}}},$$

ce qui est impossible.

Il n'existe pas d'hypersurfaces dont le ds^2 soit une forme quadratique de $m < n-2$ différentielles (¹).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les nombres dérivés.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Jordan.

J'ai, dans une Note récente (²), indiqué que les groupements des quatre nombres dérivés extrêmes d'une fonction en un point peuvent se rattacher à 85 cas différents, se distinguant par les signes des dérivés infinis ou les relations d'égalité ou d'inégalité entre les dérivés finis. Ces 85 cas se réduisent à 53 si l'on néglige les ensembles dénombrables.

L'étude des associations typiques susceptibles de se maintenir en tous les points d'un même ensemble parfait mince ou épais, me paraît dominée par un théorème énoncé ci-après. Soient respectivement $E_d(\alpha)$, $e_d(\alpha)$, $\eta_d(\alpha)$ les ensembles de points x où f possède du côté droit : 1° son dérivé supérieur au moins égal à α; 2° son dérivé inférieur au plus égal à α; 3° un dérivé médian ou extrême égal à α.

Premier théorème (*théorème descriptif*) des nombres dérivés. — P *étant un ensemble parfait continu ou discontinu, si les extrémités gauches c_n des intervalles d'une certaine famille $c_n d_n$ ou S_n, sont toutes agrégées à* P *et forment sur* P *un ensemble partout dense, si de plus S_n est infiniment petit pour n infini, alors, l_n désignant la variation relative de f sur S_n* : 1° *si l_n surpasse toujours k*; 2° *si l_n est toujours inférieur à k*; 3° *si l_n tend vers k*; *dans ces diverses hypothèses les ensembles $E_d(k)$, $e_d(k)$, $\eta_d(k)$ sont respectivement résiduels sur* P.

Car, ε_n désignant un infiniment petit positif quelconque, à cause de la

(¹) Cette question ne peut même pas se poser dans l'espace ordinaire.

(²) 31 mai 1915. Je prie le lecteur de se reporter à cette Note pour y trouver les définitions de certains termes employés dans celle-ci.

continuité de f, c_n est compris dans un intervalle $c'_n c''_n$ ou ω_n, de longueur inférieure à ε_n, laissant d_n à son extérieur, et pour tout point x duquel la variation relative de f entre x et d_n diffère de l_n de moins de ε_n en valeur absolue. Tout ω_n contient une portion de P, donc les c_n étant denses sur P, ω_n contient une infinité d'intervalles ω_{n+p}. Les points intérieurs à une infinité d'ω_n font donc un ensemble dense sur P. D'ailleurs, l'ensemble complémentaire est manifestement gerbé sur P. Le premier est donc un résiduel, en tout point duquel f jouit des propriétés différentielles énoncées.

Ce théorème, susceptible d'une seconde forme quand on échange les côtés droits et gauches, possède des applications extrêmement nombreuses. Je citerai entre autres celle-ci, que j'ai donnée en 1912 pour fonder le calcul inverse de la dérivation, ou totalisation :

Si une fonction est pourvue en tout point de P *de nombres dérivés finis pour au moins un côté, l'ensemble des points de* P *au voisinage desquels la variation relative de f sur les contigus à* P *est non bornée, cet ensemble est non dense sur* P.

On peut remplacer dans cet énoncé les variations relatives $(\mathrm{VR}u_n)f$ de f sur les contigus u_n ou $a_n b_n$ de P, par les *oscillations relatives* $(\mathrm{OR}u_n)f$ sur les mêmes intervalles, l'oscillation relative d'une fonction f sur ab ou u étant par définition le quotient par $b-a$ de l'oscillation de f sur u.

J'appelle *variation relative supérieure* (inférieure) *de f sur u au delà* de a, et je désigne par $(a\mathrm{VR}u)_s f$ [par $(a\mathrm{VR}u)_i f$], le maximum (le minimum) de la variation relative $(a\mathrm{VR}x)f$ de f entre a et x, quand x se meut dans l'intervalle ab. Je définis de même la *variation relative supérieure* ou inférieure *de f sur u en deçà de b* et je la note $(u\mathrm{VR}b)_s f$ ou $(u\mathrm{VR}b)_i f$. Pour chacun des u_n, quatre nombres peuvent être ainsi définis. Moyennant l'hypothèse que les dérivés concernant un côté donné sont bornés soit supérieurement, soit inférieurement, on trouve, grâce au premier théorème, des énoncés du type indiqué ci-dessus. Par exemple :

Si le dérivé supérieur droit est borné supérieurement en tout point de P, *l'ensemble des points de* P *au voisinage desquels les nombres $(a_n\mathrm{VR}u_n)_s f$ ne sont pas bornés supérieurement, cet ensemble est non dense sur* P.

Signalons encore ce résultat, également déduit du premier théorème : *L'ensemble des points où une fonction possède un nombre donné, fini ou infini, pour nombre dérivé* (extrême ou médian), *cet ensemble ou bien est non dense*

sur tout ensemble parfait (¹) *s'il est dénombrable, ou bien contient un ensemble parfait, s'il est non dénombrable.*

L'étude métrique des nombres dérivés me paraît tirer grand profit du théorème suivant susceptible de diverses formes (douze) selon les côtés et les sens d'inégalité choisis.

SECOND THÉORÈME (*théorème métrique*) DES NOMBRES DÉRIVÉS. — P *étant un ensemble parfait discontinu d'extrémités a et b et d'épaisseur e sur ab* (²), *si l'un des couples de conditions suivantes est vérifié simultanément par les dérivés droits de f en tout point de* P, *par les variations de f sur tous les contigus u_n à* P,

$\Delta_d > \lambda$, $(U_n \mathrm{VR}\, b_n)_i f > -\mu$ (mêmes sens d'inégalités),
$\Delta_d > \lambda$, $(\mathrm{OR}\, u_n) f < \mu$ (sens de la seconde inégalité invariable),
$\delta_d > \lambda$, $(\mathrm{VR}\, u_n) f > -\mu$ (mêmes sens d'inégalités),

λ *et* μ *étant fixes, de signes quelconques* (sauf toutefois l'obligation pour μ d'être positif dans le second cas), *alors on peut légitimement conclure à*

(¹) Les ensembles non denses sur tout ensemble parfait, ensembles nécessairement dénombrables et que je qualifie de *clairsemés*, donnent lieu au théorème suivant : *Un ensemble quelconque se décompose en un ensemble dense en lui-même et un ensemble clairsemé.* La décomposition est unique si le second ensemble est astreint à ne contenir aucun point limite du premier. Appliqué aux ensembles fermés, ce théorème fournit leur partage classique en un *noyau* parfait et un ensemble dénombrable.

(²) J'appelle *épaisseur* d'un ensemble, *sur un intervalle*, ou *sur un segment ab*, le quotient par $b - a$ de la mesure de la portion de l'ensemble comprise entre a et b. L'*épaisseur* de l'ensemble, *en un point* agrégé ou étranger à lui, est par définition la limite, si elle est unique, de l'épaisseur de l'ensemble sur un intervalle quelconque contenant ce même point et tendant indifféremment vers zéro en longueur. J'appelle *ensemble épais* tout ensemble possédant une mesure positive, *ensemble mince* tout ensemble de mesure nulle, *ensemble épais en lui-même* tout ensemble épais dans chaque intervalle contenant un quelconque des points de l'ensemble; *pleine épaisseur* (sous-entendu du continu) un ensemble dont le complémentaire est mince ou encore dont l'épaisseur est un sur tout intervalle, *pleine épaisseur d'un ensemble* E tout ensemble agrégé à E et ayant même mesure que E. On dit aujourd'hui assez souvent qu'une propriété d'une fonction est vérifiée *presque partout* si elle est exacte sur un ensemble dont le complémentaire a la mesure zéro. Comme il me paraît tout aussi légitime de dire qu'une fonction limite de fonctions continues est *presque partout* continue, et que cependant l'ensemble de ses points de continuité qui est un résiduel peut être mince, nous substituons irrévocablement à la locution habituelle *presque partout* l'expression *sur une épaisseur pleine.*

l'inégalité

$$(a\text{VR}b)f > \lambda e - \mu(1 - e).$$

Ce théorème se démontre sans le secours d'aucune théorie d'intégration.

PHYSIQUE. — *Recherches sur la conductibilité calorifique.* Note [1] de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. E. Bouty.

1. La détermination de la conductibilité calorifique des solides a fait l'objet de nombreuses recherches dont les résultats sont souvent très discordants aussi bien pour les diélectriques que pour les métaux. L'intérêt de ces recherches réside non seulement dans la comparaison des conductibilités électrique et thermique des divers métaux (loi de Wiedemann et Franz) ou de leurs variations avec la température (loi de Lorenz), mais aussi dans la vérification de la loi que *la conductibilité calorifique des solides est indépendante de la température dans le système exponentiel*, soit inversement proportionnelle à la température absolue dans le système ordinaire [2]. La plupart des diélectriques examinés par Eucken obéissent à cette loi; il en est de même du bismuth d'après Giebe [3]. Cette loi est-elle générale aussi bien pour les diélectriques que pour les métaux, contrairement à la plupart des anciennes expériences? Afin d'étendre la vérification j'ai fait l'expérience suivante avec le plomb :

Construction. — Je forme une sphère creuse en plomb en accolant au moyen de mastic (s) deux hémisphères coulés dans des moules spécialement construits à cet effet. L'hémisphère supérieur est percé de plusieurs trous pour laisser passer à l'intérieur de la sphère :

a. Un agitateur A formé par une petite turbine de $2^{cm},5$ de diamètre soudée à la tige A′ mise en rotation rapide, pendant toute la durée de l'expérience, au moyen d'un petit moteur électrique;

b. Deux fils isolés (f) auxquels est soudé, à l'intérieur de la sphère, un rhéostat (L) formé par trois lampes électriques. Les lampes sont peintes avec du vernis noir et accolées au moyen de mastic qui couvre aussi tous les fils métalliques, afin d'empêcher toute électrolyse. Le rhéostat L permet de chauffer l'intérieur de la sphère.

c. Les fils fins de maillechort (m) sont prolongés à l'intérieur de la sphère par trois

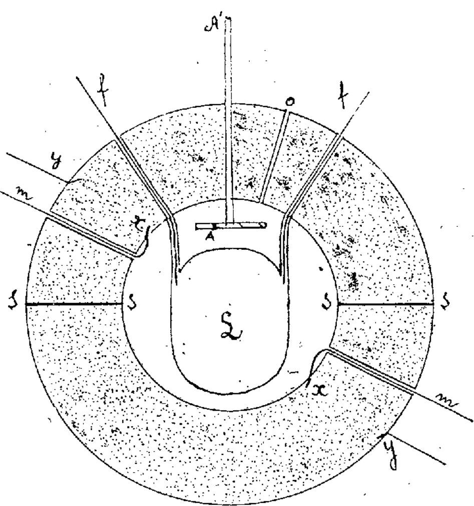
---

[1] Séance du 7 juin 1915.

[2] Voir à ce sujet Eucken, *Ann. der Ph.*, t. 34, p. 185. — T. Peczalski, *J. de Ph.*, t. 4, p. 286; *Comptes rendus*, t. **158**, p. 1164 et t. **159**, 1914, p. 365.

[3] *Verhandlungen der phys. Ges.*, t. 5, 1903, p. 60.

fils de même métal, fixés en trois points différents de la surface interne de chaque hémisphère (tels que x dans le plan de la figure). De même sur la surface extérieure de chaque hémisphère sont fixés trois fils pareils (y). Ainsi le couple thermo-électrique plomb-maillechort est formé par la masse du plomb et les fils de maillechort; le dispositif permet de mesurer les différences de température entre les deux faces de chaque hémisphère.



Expérience. — La sphère creuse est remplie d'eau par le trou o et placée dans un vaste bain d'eau dont la température est maintenue sensiblement uniforme et constante. Un courant électrique développe dans le rhéostat L la puissance w. L'eau à l'intérieur de la sphère est constamment agitée au moyen de A. La température devient stationnaire au bout de 10 minutes environ. On mesure alors la différence de température $T - T_0$ entre les deux faces de la sphère au moyen des couples thermo-électriques (xy).

La conductivité k du plomb est donnée par la formule

$$(1) \qquad 0,24\,w = 4\pi k (T - T_0) \frac{Rr}{R - r},$$

dans laquelle R désigne le rayon extérieur de la sphère (7^{cm}) et r le rayon intérieur ($3^{cm},65$).

On trouve finalement, d'après plusieurs mesures :

T_0.	w.	$T - T_0$.	k.	t_0 (exponentiel).	k_e (exponentiel).
284,5...	42,21	1,18	0,0896	12, 5	**0,0797**
295,2...	41,83	1,21	0,0863	25,06	**0,0794**
309,9...	42,42	1,28	0,0826	40,59	**0,0799**

Dans ces limites étroites de température, la loi k_e = const. *se vérifie donc dans le cas du plomb*, aux erreurs d'expérience près.

Les valeurs de k antérieurement trouvées sont dans le système thermodynamique de température : 0,081 à 15° (Berget, 1890), 0,0836 à 0° et 0,0764 à 100° (Lorenz, 1881); 0,0827 à 18° et 0,0815 à 100° (Jaeger et Disselhorst, 1900).

L'expérience présente donne donc les valeurs de k légèrement supérieures à celles trouvées précédemment.

2. Lorsque k, dans l'échelle thermodynamique, est inversement proportionnel à la température absolue (Eucken), k_e est constant. On trouve ainsi une loi analogue à la loi d'Ohm relative à la conductivité électrique où la résistance, par définition, est indépendante du potentiel. De là on conclut que : 1° les théorèmes de Fourier ne sont exacts que lorsque les températures sont indiquées par le thermomètre exponentiel, car dans toute intégration k est supposé constant; 2° la loi de Lorenz, relative à la variation des deux conductivités électrique et thermique des métaux, est inexacte d'après les expériences sur le bismuth et le plomb. Le rapport entre ces deux conductivités, au lieu d'être proportionnel à la température absolue, *est constant dans l'échelle thermodynamique;* ce rapport est inversement proportionnel à la température absolue dans l'échelle exponentielle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les déformations superficielles des aciers trempés aux températures peu élevées.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Ces recherches concernent un phénomène particulier se produisant avec les aciers doux; sa découverte appartient à M. Bruno Zschokke, professeur au Polytechnicum de Zurich.

M. Zschokke avait indiqué (¹) que, lorsqu'on chauffe une éprouvette carrée de 4^{cm} de côté et de $0^{cm},8$ d'épaisseur dont une face est parfaitement plane et polie, à une température comprise entre 225°-400° et qu'on la trempe ensuite dans l'eau, la face polie laisse apparaître des plissements bien visibles à l'œil nu. Le chauffage dans les expériences de M. Zschokke était fait au milieu de limailles de fer.

(¹) *Revue de Métallurgie : Mémoires*, 1910.

Nos expériences ont été effectuées sur les éprouvettes de différentes épaisseurs et dimensions découpées dans les barres plates de 4^{cm} de largeur et $1^{cm},1$ d'épaisseur. Nous donnons ici la composition d'un acier qui nous a servi dans nos recherches; mais nous avons observé les mêmes phénomènes sur d'autres aciers de composition toute différente, mis gracieusement à notre disposition par les usines Schneider et Cie, à la Direction desquelles nous adressons ici nos plus vifs remercîments.

	C.	Si.	S.	Ph.	Mn.
Acier très doux.......	0,110	0,035	0,014	0,013	0,220

Comme moyen de chauffage nous avons employé des bains métalliques : soit l'alliage eutectique de Pb-Sn fondant à 190°, soit le mercure. Dans le premier cas, l'éprouvette était préservée contre l'attaque par Sn en la plaçant dans une petite boîte en tôle garnie à l'intérieur du charbon fraîchement calciné. Dans toutes les expériences, l'éprouvette était mise dans le four encore froid; la durée de chauffage était 1 heure 30 minutes; pendant les 30 minutes la température était maintenue constante.

Le bain de trempe était l'eau à la température de laboratoire, 16°-17°. La trempe était toujours faite de telle façon que la face polie recevait l'eau la dernière. Chaque fois avant le polissage et la trempe l'éprouvette était soumise au recuit à 750°-800° pendant 15 minutes et refroidie lentement.

En opérant ainsi sur les éprouvettes de $4 \times 4 \times 1^{cm},1$ nous avons pu constater les faits suivants :

Les plissements commencent à apparaître à une température comprise entre 215°-220°; au début ce sont des plis isolés qui prennent naissance sur les bords de l'éprouvette et tentent de se réunir dans un point central qui d'ailleurs ne coïncide pas généralement avec le centre de l'éprouvette. La température de trempe s'élevant, les plis isolés se transforment en bandes larges (parfois jusqu'à 2^{mm} de largeur) inégalement inclinées par rapport à la surface plane de l'éprouvette; vers 250°-260° des centres secondaires viennent apparaître; des bandes partent de là et coupent les premières, de telle sorte que vers 300° on n'y voit plus de bandes, mais seulement une multitude de soulèvements isolés formant un réseau confus. Si l'on dépasse 300°, les mailles du réseau perdent la netteté de leur contour, deviennent plus basses et par suite plus difficiles à photographier. Au voisinage de 330°, le réseau se contracte, s'éloigne des bords de l'éprouvette et vers 350°-360° finit par disparaître complètement.

La hauteur des plissements ne pouvant être déterminée directement, par

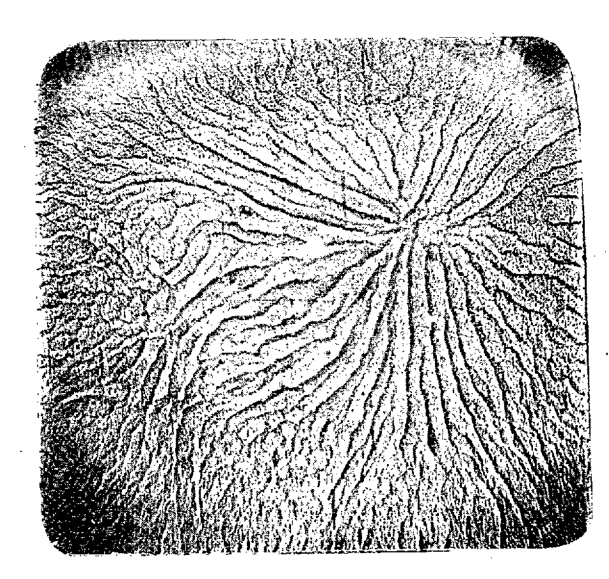
exemple en sciant l'éprouvette et l'examinant au microscope, nous avons employé des méthodes indirectes, soit par l'usure et la pesée, soit par la méthode des anneaux de Newton. Les dénivellations produites par les plissements sont extrêmement petites et ne dépassent pas six franges du jaune.

Le phénomène tel qu'il vient d'être décrit dépend, en plus de la température de trempe, de beaucoup d'autres facteurs dont nous allons indiquer quelques-uns.

I. *La température du bain de trempe.* — A mesure que la température de l'eau s'élève, l'intervalle des températures de trempe, entre lesquelles les plissements ont lieu, se raccourcit. La trempe dans l'eau bouillante ne déforme plus la surface polie. Au contraire, les bains de trempe, constitués par l'eau glacée ou l'eau salée (— 18°), élargissent légèrement cet intervalle.

II. *La durée de chauffage.* — En variant ce facteur, nous avons pu constater deux faits :

a. A chaque température de trempe correspond un type de plissements déterminé, si l'on se conforme du moins aux conditions indiquées plus haut;



b. Pour chaque température de trempe, on peut avoir tous les types de plissements correspondant aux températures plus basses; il suffit pour cela de diminuer la durée de chauffage.

III. *Le recuit des éprouvettes.* — L'éprouvette une fois trempée perd, au moins partiellement, sa propriété de produire des plissements; il faut la recuire au moins au-dessus de 700°.

IV. *Les dimensions de l'éprouvette.* — Lorsqu'on trempe des éprouvettes de plus en plus petites, mais toujours de même épaisseur, l'intervalle des températures de trempe, entre lesquelles on peut observer les plissements, diminue pour devenir nul avec une éprouvette de 1cm de côté.

La photographie, donnée ci-contre, correspond au type des plissements qu'on obtient par trempe à 275°, si l'on chauffe l'éprouvette pendant 1 heure 30 minutes. En réalité, il a été obtenu à 300°, mais avec le chauffage qui durait seulement 55 minutes.

GÉOLOGIE. — *Le Crétacé moyen et supérieur dans le Haut Atlas occidental* (*Maroc*). Note (1) de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Douvillé.

La présence du Crétacé moyen et supérieur dans le Sud marocain a été entrevue, pour la première fois, par M. J. Thomson. L'illustre explorateur anglais a distingué, dans le Crétacé de ces contrées, deux groupes dont l'un supérieur (Upper Cretaceous or Limestone group) (2); mais il n'a donné aucune détermination stratigraphique précise.

C'est à la Science française qu'il faut attribuer le mérite d'avoir jeté quelque lumière sur le complexe des formations crétacées de l'Atlas. A. Brives a signalé un Crétacé moyen à *Acanthoceras Mantelli*, *Ostrea flabellata* et *Astarte Seguenzæ*, et l'existence de couches à *Mortoniceras texanum* (3). Paul Lemoine a noté la présence, à l'est de Mogador, d'Huîtres cénomaniennes (*Ostrea Delettrei*, etc.) et d'une série d'assises à *Lucina subnumismalis*, du Crétacé supérieur (4).

J'ai, au cours de voyages effectués en 1904-1905, puis en 1909, recueilli de précieux documents sur la série du Crétacé moyen et supérieur de ces régions (5). Je me propose, dans cette Note, de résumer succinctement mes observations sur ces terrains, à la suite d'une étude que je viens d'effectuer sur mes matériaux mésocrétacés et néocrétacés du Haut Atlas marocain.

(1) Séance du 7 juin 1915.

(2) Joseph Thomson, *The Geology of Southern Marocco and the Atlas Mountains* (*Quat. Journ. of the Geol. Soc.*, t. 55, 1889, p. 190-213).

(3) A. Brives, *Les terrains crétacés dans le Maroc occidental* (*Bul. Soc. Géol.*, 5e série, t. 5, 1905, p. 81-96, *Pl. I*).

(4) Paul Lemoine, *Mission dans le Maroc occidental*, 1904-1905 (*Bul. Com. Afrique française*, 1905).

(5) Voir à ce sujet W. Kilian et Louis Gentil, *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 105.

A ce point de vue je distinguerai : la zone littorale comprise entre Mogador et Agadir et les contreforts de la grande chaîne.

I. *Zone littorale du Haut Atlas.* — La côte marocaine comprise entre Mogador et Agadir est bordée par une bande crétacée s'enfonçant jusqu'à une soixantaine de kilomètres, parfois recouverte par les dépôts néogènes. Le Crétacé moyen et supérieur se rencontre, notamment, entre le cap R'ir et Agadir n Ir'ir et dans l'hinterland de Mogador.

Entre le cap R'ir et Agadir, dans le bassin hydrographique de l'Asif Tamerakht, on observe : 1° Le *Cénomanien* représenté par une série épaisse de marnes, entremêlées de lits de calcaires marneux, parfois gréseux, renfermant une faune néritique où abondent les Huîtres : *Ostrea Syphax* Coq., *O. cameleo* Coq., *O. saadensis* Coq., *O. conica* d'Orb., *O. flabellata* d'Orb., *O. haliotidea* d'Orb., *O. Delettrei* Coq.; cette faune rappelle le Cénomanien à Huîtres du Sud de la province de Constantine et de la Tunisie.

2° Le *Turonien*, formé de calcaires marneux plus ou moins silicifiés. Des échantillons de la roche, attaqués lentement par de l'acide chlorhydrique dilué, m'ont donné de beaux fossiles siliceux : *Astarte Seguenzæ* Thom. et Peru (= *Crassatella minima* Segu.), *Roudeireia Forbesiana* Stol., *Trochus Damasi* Rom. et Mazer., *Arca trigona* Segu., *Chlamys Puzozianus* Mather., *Pycnodonta* aff. *Flicki* Perv., *Cardita Forgemoli* Coq. var. *Delettrei* Coq., *Lucina* sp., *Meretrix Renauxiana* d'Orb., *Corbula Goldfussiana* Math., *Panopea* sp.; cette faune rappelle, par certaines espèces, le Turonien de la Tunisie et la faune siliceuse d'Uchaux.

3° *Sénonien.* Au-dessus se montre, dans la basse vallée de l'Asif Tamerakht, une grande épaisseur de grès siliceux et argileux, de couleur crème, renfermant, avec quelques espèces turoniennes comme *Protocardium Hillanum* Sow., une faune néritique sénonienne : *Ostrea Nicaisei* Coq., *O. Pomeli* Coq., *O. Overwegi* Buch., *O. vesicularis* Lam., *O. hypoptera* Wanner, *O. proboscidea* d'Archiac., *Pycnodonta Flicki* Perv., *O. acutirostris* Nills., *Cardium.* sp., *Venus* sp.

Dans l'hinterland de Mogador, entre les brachyanticlinaux du cap Tafetneh et du Djebel Hadid, le Crétacé moyen et le Crétacé supérieur affleurent sur de grandes étendues.

Le *Cénomanien,* qui apparaît dans la coupure de l'Oued Tidzi et au pied du Djebel Hadid, est constitué par des marno-calcaires renfermant : *Nerinea bicatenata* Coq., *Ostrea flabellata* d'Orb., *O. conica* Coq., *O. haliotidea* d'Orb., *O. Olisiponensis* Sharpe, *O.* aff. *plicifera* Coq., *O. Syphax* Coq., *Corbis Alapetiti* Perv., *Cardita Forgemoli* Coq., *Cardium* (*Protocardium*) *biseriatum* Conr., *Cyprina* aff. *Picteti* Coq.

Turonien. — A la partie supérieure de ces marno-calcaires se trouvent : *Cardita Nicaisei* Coq,, *Cardita acuteradiata* Segu., *Roudeireia Forbesiana* Stol., *Astarte* sp., espèces déjà turoniennes. Mais le Turonien de la région est généralement forme

de calcaires plus ou moins argileux ou compacts, à fossiles silicifiés, caractérisés par la fréquence et l'abondance de : *Astarte Seguenzæ* Th. et Per. (= *Crassatella minima* Segu.), avec *Arca* (*Trigonoarca*) *obscura* Segu. On retrouve encore, à la base de ces calcaires à fossiles siliceux, *Roudeireia Forbesiana* Stol.

Sénonien. — Au-dessus se montre une série néocrétacée. Celle-ci débute par des marnes avec lits calcaires dans lesquelles Paul Lemoine a signalé la présence d'Inocérames, et Brives, le *Mortoniceras texanum* du Santonien. Je n'ai rien recueilli à ce niveau, mais j'ai observé, au-dessus, des calcaires et des marnes blanchâtres, renfermant des silex et caractérisés par *Astarte similis* Munst. et *Crassatella numidica* Mun. Chalm.

J'ai poursuivi ces marno-calcaires plus à l'Est, dans la vallée de l'Oued Igrounzar, où ils ont été confondus par A. Brives avec l'Éocène (Suessonien) (1). Il existe, là, des bancs de calcaires marneux à beaux fossiles siliceux que j'ai dégagés par une attaque méthodique à l'acide chlorhydrique étendu. J'ai reconnu parmi des échantillons admirablement conservés : *Baculites anceps* Lam., *Fusus numidicus* Coq., *Turritella Forgemoli* Coq., *Plicatula instabilis* Stol., *Cardita Beaumonti* d'Arch., *Cardita libyca* Zitt., *Crassatella Zitteli* Wann., *Crassatella numidica* Mun. Chalm., *Astarte similis* Munst., *Astarte* cf. *subnumismalis*, *Roudeireia Drui* Mun. Chalm., *Corbis Wanneri* Krumb., *Lucina Calmoni* Perv., *Cytherea Rohlfsi* Quaas. Cette faune, par la présence de *Baculites anceps* et de certaines formes caractéristiques de la Tunisie méridionale, de la Tripolitaine, de l'Égypte et de l'Inde, est indiscutablement maestrichtienne.

Au-dessus s'élèvent, en concordance, une série de couches de marnes et de calcaires à silex qui doivent comprendre l'Éocène inférieur.

II. *Contreforts de l'Atlas.* — Le Crétacé forme, au nord et au sud du Haut Atlas, deux bordures qui encadrent les crêtes paléozoïques de la grande chaîne; mais jusqu'ici le Mésocrétacé seul peut y être signalé.

Au nord de la chaîne, les marno-calcaires de Bou-Zergoun renferment : *Ostrea Olisiponensis* Sharp., *O. Delettrei* Coq., *O. haliotidea* Coq. et, à leur partie supérieure, *Ostrea Meslei* Coq., *O.* aff. *proboscidea* d'Arch., *Plicatula* sp., *Lima* aff. *Delettrei* Coq. La partie inférieure de ces couches est certainement cénomanienne, tandis que la partie supérieure rappelle le Turonien de la Tunisie.

De même, à Imin Tanout, j'ai recueilli dans des marnes : *Ostrea flabellata* d'Orb., *O. africana* Coq., *O. Larteti* Coq. Il semble que ces dépôts cénomaniens renferment, à divers niveaux, des lits de gypse.

Dans les contreforts méridionaux de la chaîne j'ai observé, dans la haute vallée du Draa, notamment à l'Aïn Ounila, des calcaires à *Ostrea flabellata* d'Orb., *O. Dellettrei* Coq., *O. canaliculata* Coq., *O.* aff. *lingularis* Lam. remarquables par leur petitesse. Enfin, de la vallée de l'Asif Imar'ren qui descend de Telouet jusqu'à Tikirt se trouvent, à la base d'un banc calcaire appartenant à une série renfermant de nom-

(1) A. BRIVES, *Voyages au Maroc*, Alger, 1909, p. 520-521.

breux lits gypseux, de petites espèces de : *Ostrea Syphax* Coq., *O. Delletrei* Coq., *O.* aff. *lingularis* Lam., *O. rediviva* Coq., *Axinea cardioides* d'Orb., *Cardita acuteradiata* Segu., accompagnées d'un Oursin spécial, en exemplaires abondants, qui sera décrit par M. Lambert.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les derniers tremblements de terre de Leucade et d'Ithaque.* Note de M. D. **Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

Le dernier grand sisme de Leucade, du 27 novembre 1914, fut précédé de quelques jours par un autre moins fort. Le matin du 23 novembre 1914, deux secousses consécutives assez fortes, espacées d'environ 2 minutes, ont ébranlé la Grèce occidentale et principalement les îles Ioniennes de Leucade et d'Ithaque; elles ont été enregistrées par nos sismographes d'Athènes à $9^h2^m43^s$ et $9^h5^m2^s$ (t. m. c. de Gr.). Leur *force* était respectivement de 5 et 7 (Rossi-Forel) dans la ville de Leucade et de 4 et 6 dans celle d'Ithaque. La seconde secousse, qui était la plus forte, fut ressentie, avec une intensité de 4, à Prévesa, Etolikon, Missolonghi et Argostoli. La distance épicentrale d'Athènes, calculée d'après nos sismogrammes, est de 270^{km}; elle coïncide bien avec celle qui résulte de nos courbes isosistes établies avec les observations directes.

Quatre jours après, le 27 novembre 1914, vers 4^h du soir, une nouvelle secousse ondulatoire, très violente, précédée des signes précurseurs ordinaires et d'un grand bruit souterrain, a fortement ébranlé l'île de Leucade; elle a été plus ou moins sensible dans la Grèce occidentale, la partie NW et la côte ouest du Péloponèse et toutes les îles Ioniennes. Dans la ville de Leucade la secousse avait une *force* de 9, une *direction* NW-SE et une *durée* de 12 secondes; elle a ruiné quelques édifices, plus ou moins endommagé la plupart des autres et tué ou blessé quelques personnes. Presque tous les villages de l'île ont subi des dégâts plus ou moins grands; mais ce sont surtout ceux de la région occidentale qui ont été le plus cruellement éprouvés (10); leurs maisons ont été presque complètement ruinées ou rendues inhabitables, et un grand nombre de personnes ont été tuées ou blessées. Et les victimes seraient certainement beaucoup plus nombreuses si les toits de toutes les maisons de l'île n'étaient pas construits suivant le système antisismique; les murs sont, malheureusement, toujours en pierre.

Cette violente secousse fut suivie de beaucoup d'autres plus faibles mais bien sensibles, précédées aussi de bruits souterrains; on en a compté plus

de 50 dans l'intervalle des 24 premières heures, et notre sismographe Mainka à Athènes a enregistré 38 chocs jusqu'au 17 mars 1915, provenant de la même région.

Le sisme du 27 novembre 1914 fut enregistré à Athènes par nos deux sismographes; voici l'analyse du sismogramme Mainka :

Phase.	Heure t. m. c. de Gr.	Période.	Amplitude	
			A_{NE}.	A_{NW}.
	h m s	s	mm	mm
P	14.40.23	2	5	4
S	40.56	3	11	10
L	41. 7	5	40	35
M	41.20	6	76	50
C	43.16	8	15	14
F	54.53	»	»	»

Suivant ce sismogramme, l'épicentre se trouve à peu près au nord-ouest d'Athènes et à une *distance* de 300^{km}; ces résultats coïncident avec ceux de nos courbes isosistes.

Il est à noter que ce sisme, vu le degré de sa violence épicentrale (10), n'a pas eu une grande étendue à l'intérieur de la Grèce; et ses isosistes indiquent sa nature sous-marine; celui de Thèbes du 17 octobre 1914, quoique d'un degré d'intensité moins élevé (9), a secoué presque toute la Grèce.

La zone épicentrale, qui contient, en grande partie, la région occidentale de Leucade, paraît avoir la forme d'une ellipse dont le centre se trouve au nord-ouest de l'île, dans la mer, pas loin de la côte; son grand axe a une direction NE-SW et une longueur de 30^{km}; le petit ne dépasse pas les 10^{km}. Les autres isosistes longent, en général, sans s'en éloigner beaucoup (10^{km} au plus), le littoral occidental de la Grèce continentale et du Péloponèse; la dernière, où le choc fut à peine sensible (2-3), passe par Cyparissée, Egion, Naupacte et Larisse, présentant une pénétration à l'intérieur de la Grèce, assez sensible, aux environs d'Agrinion (80^{km}) en face de Leucade, et une autre, de beaucoup plus prononcée (165^{km}), vers le Nord, en Thessalie (Larisse).

Deux mois après ce grand sisme, le 27 janvier 1915, vers 3^{h} du matin, un troisième, très violent aussi, a ébranlé la même région de la Grèce et principalement l'île d'Ithaque. La secousse, qui était précédée d'un très fort bruit souterrain, a eu son degré d'intensité le plus élevé (10) dans la partie nord-ouest de l'île d'Ithaque, dans les environs des villages Exogi et Kollieri; beaucoup de maisons de ces villages se sont écroulées et presque

toutes les autres, ainsi que celles des villages voisins, ont été fort endommagées; dans la ville d'Ithaque sa *force* était de 7, sa *direction* de NW-SE et sa *durée* de 8^s. La zone épicentrale, qui contient la partie nord-ouest de l'île d'Ithaque, a la forme d'une ellipse allongée dont le grand axe a une longueur d'environ 20^{km} et le petit de 10^{km}.

La limite extérieure de la région ébranlée par les deux derniers grands sismes, beaucoup plus prononcée en Thessalie que sur la région même de la Grèce continentale, voisine des deux épicentres relatifs, nous montre que ce fond de lac tertiaire manifeste un degré de conductibilité sismique bien plus élevé que celui de la Grèce continentale et du Péloponèse. D'un autre côté, dans la direction du continent, tandis que sur la côte le degré de la force du choc n'est que de 5 (Astakos), à Agrinion, à une distance de la mer d'environ 40^{km}, soit beaucoup plus loin de l'épicentre, il est de 6 et de 4 à Platanos (60^{km}); la disposition des isosistes des deux derniers sismes, dans cette région, qui y forment une sorte de boucle, donne l'impression d'un foyer sismique secondaire au voisinage d'Agrinion.

Voici l'analyse du sismogramme du sisme du 27 janvier 1915, enregistré par notre sismographe Mainka :

Phase.	Heure. T. m. c. de Gr.	Période.	Amplitude. A_{NE}.	A_{NW}.
	h m s	s	mm	mm
P	1.10.36	3	4,5	5,5
S	1.11. 9	3	13,0	7,0
L	1.11.25	4	80,0	55,0
M_1	1.11.25	4	80,0	55,0
M_2	1.12.22	4	37,0	27,0
F	1.37. 7	»	»	»

La *distance* épicentrale, déduite de ce sismogramme, est de 300^{km} avec une *direction* NW; elle coïncide avec celle des observations directes, suivant lesquelles l'épicentre se trouve au nord-ouest d'Ithaque, près de la côte.

La secousse du 27 janvier 1915 fut suivie d'un grand nombre d'autres plus faibles. Parmi les trente-huit chocs de la même région enregistrés par nos sismographes à Athènes, depuis le 27 novembre 1914, il y en a qui appartiennent, très probablement, au foyer d'Ithaque, et surtout le dernier, dont la distance épicentrale d'Athènes est de 310^{km}.

Les résultats sismographiques ainsi que les isosistes montrent nettement que les foyers de ces trois sismes sont *différents*. L'épicentre du tremblement de terre du 23 novembre 1914 paraît situé près de la côte SE de

Leucade, entre l'extrémité sud de sa côte orientale et les îlots de Méganissi et d'Arkoudi; celui du grand sisme du 27 novembre se trouve sans doute au côté opposé de Leucade, aux environs de sa région NW, tandis que le troisième est situé au nord-ouest d'Ithaque.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la distribution de l'invertine dans les tissus de la Betterave, aux différentes époques de la végétation.* Note (1) de M. **H. Colin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Divers auteurs ont émis sur cette question des vues théoriques. La plupart des travaux se rapportant aux sucres de la Betterave contiennent de fréquentes allusions à la présence de l'invertine dans les tissus; on recommande, notamment, de se mettre soigneusement en garde, au cours des opérations d'épuisement, contre l'hydrolyse du saccharose par la sucrase. Dans le cas particulier où la racine de Betterave placée dans une atmosphère privée d'oxygène fermente spontanément, Stoklasa (2) et ses collaborateurs ont montré que la pulpe acquiert la propriété d'hydrolyser le saccharose avant de le transformer en alcool.

La distribution de l'invertine dans les tissus de la Betterave aux différentes époques du développement intéresse à la fois le problème de l'accumulation du saccharose dans la souche et celui de sa migration vers les parties aériennes; il est donc utile de posséder sur ce sujet des renseignements plus étendus.

Betterave de première année. — 1° *Limbes.* — Les limbes sont toujours riches en invertine. Qu'on mette au contact d'une solution de saccharose soit les feuilles elles-mêmes, fraîches ou desséchées, soit leur macéré aqueux, le dédoublement s'opère avec une vitesse dont l'expérience suivante peut donner l'idée.

On introduit, dans 200^{cm^3} d'une solution neutre de saccharose à 10 pour 100, 3^g de limbes frais découpés en menus fragments, en présence de fluorure de sodium, à la température de 35°; les quantités de saccharose hydrolysées après 1, 3, 7, 12 jours sont respectivement : $1^g,08$; $2^g,45$; $4^g,82$; $8^g,5$.

2° Il n'existe, dans les feuilles, aucune relation entre la chlorophylle et l'invertine; les feuilles centrales encore privées de chlorophylle, de même que les feuilles étiolées récoltées sur une souche placée à l'obscurité, possèdent, tout comme les feuilles vertes, et même à un plus haut degré, la propriété d'hydrolyser le saccharose.

---

(1) Séance du 7 juin 1915.

(2) J. Stoklasa, J. Jelinek, E. Vitek, *Hofmeister's Beiträge*, t. 3, 1903, p. 493.

Solution de saccharose à 5 pour 100, 50^{cm^3}; organes frais, $0^g,30$; antiseptique, NaF à 1 pour 100; température, 30°.

Feuilles.	Saccharose interverti après			
	4 jours.	6 jours.	14 jours.	20 jours.
	g	g	g	g
Feuilles centrales...	0,27	0,42	0,80	1,05
» étiolées....	0,27	0,43	0,85	1,10
» vertes......	0,12	0,20	0,37	0,45

3° *Pétioles.* — Le pouvoir hydrolysant des pétioles va en diminuant du sommet à la base; appréciable au niveau du limbe, il devient presque nul au voisinage du collet.

Solution de saccharose à 5 pour 100, 100^{cm^3}; organes frais, 1^g; fluorure de sodium, 1 pour 100; température, 35°.

Organes.	Saccharose interverti après			
	2 jours.	4 jours.	6 jours.	9 jours.
	g	g	g	g
Limbes................	0,80	1,51	2,20	3,10
Pétioles (sommet).......	0,27	0,51	0,70	0,98
Pétioles (base).........	traces	0,10	0,15	0,20
Collet.................	0	0	0	0

4° *Racine.* — La souche, au contraire, dans les conditions normales de végétation, se montre toujours inerte vis-à-vis du saccharose; ceci est vrai non seulement des régions profondes de la pulpe, mais encore des tissus du collet. Ce n'est que dans le cas d'une aération insuffisante que la racine acquiert la propriété d'hydrolyser le saccharose; on y rencontre alors une proportion importante de sucre incristallisable.

Deux conclusions se dégagent de ces faits :

a. Si la souche élabore du saccharose aux dépens du réducteur délivré par les pétioles, cette synthèse n'est pas le fait d'une invertine semblable à celle qu'on met facilement en évidence dans les feuilles.

b. Le saccharose ne peut s'accumuler dans les limbes que dans les conditions où la vitesse de formation est supérieure à la vitesse d'hydrolyse; c'est ce qui se passe à la lumière; autrement, le sucre cristallisable doit diminuer progressivement, du seul fait de la présence de l'invertine, indépendamment de toute relation entre les feuilles et la souche.

Betterave de deuxième année. — 1° *Souche.* — Durant la période de repos, la souche, conservée avec précaution, s'enrichit à peine en réducteur; on ne peut y déceler la présence de la sucrase. Il en est de même à la reprise de la végétation et jusqu'à la maturation des graines; à aucun moment, il n'y a hydrolyse en masse du sucre de la racine, à la suite d'une élaboration appréciable d'invertine.

Lors donc que le saccharose passe de la souche dans la tige, il émigre à l'état de saccharose et ne peut être utilisé qu'après hydrolyse par les parties aériennes.

2° *Tige.* — L'invertine est présente à tous les niveaux de la tige; très faible à la base de la tige, le pouvoir hydrolysant des tissus augmente à mesure qu'on s'éloigne de la souche, pour atteindre son maximum dans l'inflorescence. On peut s'en rendre compte par l'expérience qui suit. Dans 100^{cm^3} d'une solution de sucre à 10 pour 100, on introduit 2^g de substance fraîche et l'on place au bain-marie à 34°. Après 16 heures de contact, les quantités de saccharose hydrolysées par le collet, la base de la tige, la partie supérieure de la tige, les limbes, les inflorescences sont respectivement : 0, traces, $0^g,11$; $0^g,40$; $0^g,39$; $0^g,52$.

HYGIÈNE. — *Assainissement des cantonnements et des champs de bataille.* Note [1] de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

La décomposition des matières organiques d'origine animale ou végétale est, comme on le sait, l'œuvre non seulement des microorganismes, mais aussi celle d'une foule d'insectes dont les escouades, variables avec les saisons, ont été si bien étudiées par Megnin.

De tous les insectes vivant sur les matières organiques en voie de décomposition, ce sont surtout les Diptères brachycères, et principalement ceux du genre *Musca*, qui intéressent le plus les hygiénistes.

Les nombreux procédés de destruction préconisés n'ont pas toujours tenu un compte suffisant des conditions de développement et des mœurs de ces insectes. Il faut s'attaquer aux larves du Diptère, ces larves étant réunies en amas plus ou moins considérables, ce qui rend leur destruction plus aisée à ce stade.

En 1905, nous avons eu l'occasion, avec M. le professeur d'Arsonval, de contrôler les expériences entreprises dans un grand nombre de localités et ayant pour but d'établir la valeur de l'huile de schiste comme procédé de destruction des mouches. Les résultats obtenus, tant en France qu'à l'étranger, ont été des plus encourageants; mais il faut, pour mener à bonne fin une pareille lutte, prescrire ces mêmes mesures à toute une région.

L'auteur anonyme de la méthode à l'huile de schiste avait aussi indiqué, dans son Mémoire, l'emploi du goudron de houille que M. Roubaud, dans une récente Note [2], propose soit seul, soit mélangé à du sulfate ferrique.

Les huiles lourdes de goudron ne conviennent pas en milieu liquide

---

(1) Séance du 7 juin 1915.

(2) C. Roubaud, *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 690.

(fosses d'aisance); le produit étant plus lourd que l'eau, gagne rapidement le fond de la fosse et ne joue plus le rôle des huiles de schistes qui, plus légères, demeurent à la surface, asphyxiant les larves existantes, tout en écartant, par son odeur spéciale, les mouches pondeuses des tuyaux de chute ou des ventilateurs des fosses.

Les huiles lourdes de houille peuvent, lorsqu'on les répand trop abondamment sur les fumiers, modifier dans certains cas les qualités de cet engrais naturel; il en est de même du crésyl à 5 pour 100, proposé en 1905 par M. Demora pour la destruction des mouches.

Ces inconvénients du goudron de houille disparaissent si l'on a soin, comme nous l'avons indiqué avec Pottevin dans un rapport au Conseil supérieur d'Hygiène publique de France, d'employer des huiles résiduelles de goudron, c'est-à-dire des huiles débarrassées de leur naphtaline et déphénolisées.

Cette huile, additionnée de résinate de soude, fournit, lorsqu'on la mélange à l'eau à raison de 2,5 pour 100, une émulsion stable permettant de répandre une légère couche d'huile, suffisamment agissante, sur de très grandes surfaces de matières en décomposition.

L'odeur particulière de cette huile écarte tous les Diptères brachycères des matières en décomposition et le pouvoir désodorisant du produit est tel qu'on peut atténuer, dans une très large mesure, les mauvaises odeurs dégagées par les matières en putréfaction.

Pour assainir les cantonnements, les tranchées ou les zones de combat, il suffit de projeter l'émulsion aqueuse à l'aide de pulvérisateurs analogues à ceux utilisés en agriculture, ou mieux avec des appareils fonctionnant sous pression d'acide carbonique liquide.

Le jet du mélange désodorisant peut atteindre, dans ce dernier cas, 8^m à 10^m, et l'on conçoit qu'on puisse asperger aisément des corps placés à une certaine distance des tranchées, sans attirer l'attention de l'ennemi.

En résumé, l'huile de schiste et l'huile résiduelle de goudron au résinate de soude sont des produits peu coûteux, qui rendront les plus grands services à nos troupes, non seulement en les débarrassant des Diptères, mais encore en assainissant les cantonnements et les champs de bataille.

MÉDECINE. — *Vibrations provoquées par l'électro-aimant à courants alternatifs, dit* électro-vibreur, *dans des corps voisins non magnétiques.* Note de M. J. **Bergonié**, présentée par M. d'Arsonval.

Lorsqu'on utilise un électro-vibreur absorbant une puissance de 8 à 10 kilowatts (puissance apparente), on peut constater qu'au voisinage de son noyau à peu près tous les corps métalliques vibrent, *même ceux qui ne sont pas magnétiques.*

Si l'on s'arrange pour que le flux de force embrassé par les divers échantillons métalliques qu'on présente à l'électro-vibreur soit sensiblement le même, les vibrations perçues par le toucher sont d'autant plus fortes que le produit de la résistivité par la masse de l'échantillon est plus faible. C'est ainsi que nous avons pu classer les échantillons dans l'ordre suivant :

Métaux.	Densité.	Résistivité.	Chaleur spécifique.	Produit.
Ag.........	10,40	1,46	0,056	0,85
Au.........	19,34	2	0,031	1,19
Cu.........	8,95	1,58	0,093	1,31
Al..........	2,56	2,90	0,22	1,63
Zn..........	7,29	5,61	0,093	3,73
Sn..........	7,16	13,18	0,054	5,18
Pt..........	21,5	9,0	0,032	6,19
Pb..........	11,34	19,14	0,030	6,51
Fe..........	7,8	9,69	0,116	8,76
Hg.........	13,59	94,07	0,033	42,18

que vérifie l'expérience; l'aluminium vibrant très fort, le cuivre et l'argent sensiblement moins, l'or et le zinc à peu près également : le maillechort, le platine et le plomb étant fort difficiles à faire vibrer, et le mercure à peu près impossible.

Toute l'énergie induite ne se dissipe donc pas dans ces corps sous forme de courants de Foucault et de chaleur, une partie entretient des vibrations qu'on peut même rendre très sonores par une forme appropriée du métal.

Au point de vue pratique, qui nous occupe seul en ce moment, de déceler les projectiles et guider le chirurgien dans leur extraction, la possibilité de mettre en vibration, quoique beaucoup plus difficilement, certains corps *non magnétiques* en aluminium, cuivre, laiton, zinc, pouvant, avec la variété

des projectiles actuels, être inclus dans les tissus, est dès aujourd'hui acquise. Par contre, le maillechort qui forme l'enveloppe des balles de revolver, le plomb durci des shrapnells ne nous ont donné que de minces espoirs; il faudrait augmenter considérablement encore l'induction de l'électro-vibreur.

La température atteinte par les éprouvettes métalliques, soumises à l'électro-vibreur embrassant toujours le même flux pendant le même temps, est inversement proportionnelle au produit de la résistivité par la densité et par la chaleur spécifique du métal considéré. Nous avons trouvé, théoriquement et expérimentalement, pour l'échauffement, l'ordre suivant, différent du premier :

Métaux.	Densité.	Résistivité.	Chaleur spécifique.	Produit.
Ag.	10,40	1,46	0,056	0,85
Au.	19,34	2	0,031	1,19
Cu.	8,95	1,58	0,093	1,31
Al.	2,56	2,90	0,22	1,63
Zn.	7,16	13,18	0,093	8,77
Sn.	7,29	5,61	0,054	2,20
Pb.	11,34	19,14	0,030	6,51
Pt.	21,5	9,0	0,032	6,19
Fe.	7,8	9,67	0,116	8,76
Hg.	13,59	94,07	0,033	42,18

D'où, au point de vue pratique, la possibilité d'échauffer assez, même au sein des tissus, sauf voisinage immédiat d'un gros vaisseau, un projectile en aluminium, cuivre et même plomb, pour le rendre aseptique. Dans certains cas, cette stérilisation sur place pourrait avoir des indications et conduire à une tolérance inoffensive du projectile dans l'organisme, lorsque l'extraction chirurgicale aurait été contre-indiquée.

CHIRURGIE. — *Aiguille électrique pour la recherche des projectiles dans le corps humain.* Note [1] de M. **Th. Guilloz**, présentée par M. d'Arsonval.

L'instrument que je présente vient de rendre des services appréciés dans l'extraction d'une cinquantaine de projectiles et, dans certains de ces cas,

[1] Séance du 7 juin 1915.

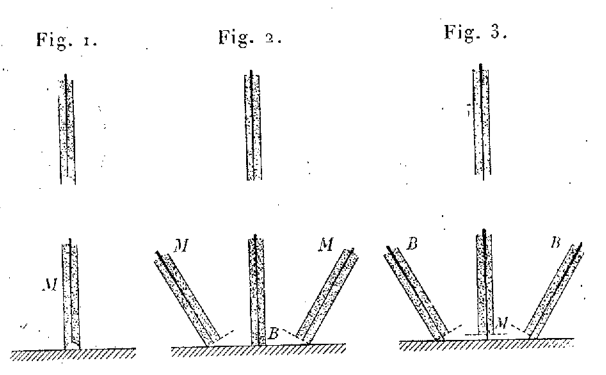
l'opération sans le concours de cet appareil aurait été infructueuse ou tout au moins très laborieuse. Ce porte-aiguille électrique est, au cours de l'intervention et entre les mains d'un chirurgien un peu méticuleux, un instrument donnant des indications certaines dans l'exploration du champ opératoire et de son voisinage. Lorsque la situation du projectile est déterminée par la radiographie, le palper, l'électro-vibreur de d'Arsonval et Bergonié ou par toute autre considération clinique, on peut même aborder directement la recherche du corps étranger, en enfonçant l'instrument à travers les téguments.

Ce petit appareil est composé de trois parties : une aiguille creuse de Pravaz, le porte-aiguille et un embout creux isolant les réunissant. Le porte-aiguille est réalisé avec un porte-plume métallique, vendu dans le commerce $0^{fr},50$. L'aiguille centrale est une aiguille à tricoter, amincie, s'il est nécessaire, par l'acide nitrique et vitrifiée dans toute sa partie inférieure. On assure ainsi un isolement parfait entre elle et l'aiguille creuse qui l'entoure et l'on rend possible la stérilisation par flambage, ce qui ne pourrait se faire avec tous les autres isolants communément employés. Cette aiguille est soudée dans l'axe d'une petite tige filetée vissée plus ou moins (suivant la longueur dont on veut faire déborder l'aiguille pleine en dehors de l'aiguille creuse) dans un piston de cuivre mobile à frottement doux dans le porte-aiguille et servant de guide à l'aiguille. Un ressort à boudin, réglable dans de larges limites en coulissant plus ou moins les deux tubes constituant le porte-aiguille, donne la pression nécessaire pour le retrait de l'aiguille pleine dans l'aiguille creuse.

Lorsque l'instrument est intercalé dans le circuit d'une pile et d'une sonnette, si l'on touche un objet métallique, le contact se fait d'abord par la pointe centrale seule. La pression opère le retrait de l'aiguille centrale dans l'aiguille creuse qui vient ainsi toucher aussi le corps métallique et établir le circuit électrique faisant résonner l'appareil. Enfin, si l'on tire sur l'extrémité de l'aiguille pleine pour en opérer le retrait dans l'aiguille creuse, la sonnerie cesse.

Il existait bien un instrument analogue à ce porte-aiguille électrique, imaginé dans le même but : c'est la sonde de Trouvé. Elle donne des indications si peu sûres que son emploi est devenu de plus en plus restreint. Cette sonde, formée d'un cylindre métallique creux et d'un axe métallique qui en est isolé, peut affecter trois dispositions dans son extrémité terminale. La tige centrale ne dépasse pas le plan de section (*fig.* 1), elle est dans ce plan de section (*fig.* 2) ou bien elle le dépasse légèrement (*fig.* 3).

La disposition (*fig.* 1) ne donne jamais le contact électrique nécessaire à l'avertissement. La disposition (*fig.* 2) exige que la sonde soit portée normalement sur la surface suivant B. La disposition (*fig.* 3) demande que la sonde soit inclinée suivant B, c'est-à-dire occupe la position de la génératrice d'un cône d'ouverture BMB. En dehors de ces conditions, le double contact ne se produira pas, ce qui fait que cet appareil explorateur apportera souvent une incertitude s'ajoutant aux difficultés à surmonter. Pour que cet instrument remplisse son but il fallait, ainsi que nous l'avons fait,



rendre obligatoire le double contact électrique, quelle que soit la direction donnée à l'instrument. Il suffit, pour cela, de rendre une tige indépendante de l'autre.

Avec la précieuse collaboration du professeur Th. Weiss, j'ai pu constater que jusqu'ici, parmi de nombreux projectiles extraits, aucun n'était assez altéré pour que le contact électrique nécessaire soit difficile à établir.

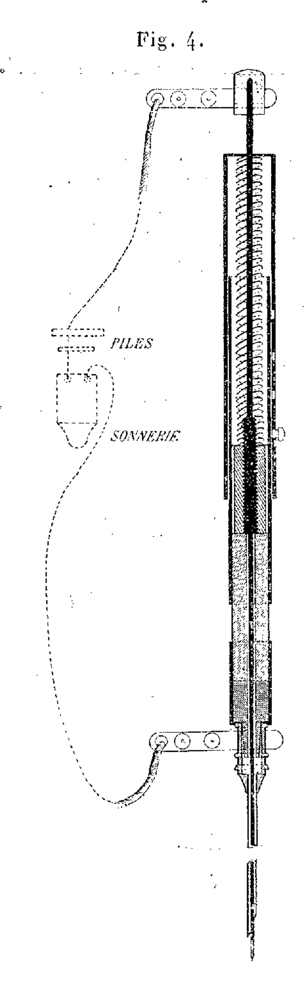
Le chirurgien place à côté de lui une soucoupe dans laquelle on a flambé une pièce de métal dont la surface est plus ou moins altérée. Il vérifie que la sonnette est actionnée quand on presse le porte-aiguille sur le métal et ne l'est pas quand on presse sur la porcelaine. S'il n'en était pas ainsi, on reconnaîtrait facilement la cause de la perturbation. Pour remédier à un défaut d'isolement de la pointe, il suffit de la porter au rouge vif dans la flamme du chalumeau.

Je signalerai en terminant qu'une fois le projectile reconnu, il y a avantage à utiliser, pour son extraction, des pinces montées comme l'était le porte-aiguille. Ces pinces ont leurs branches isolées par isolement du pivot et leurs mors ne peuvent, grâce à une butée isolante, se toucher tout à fait, afin que la sonnette ne retentisse pas toujours quand la pince est fermée. Ces tire-balles permettent une saisie correcte du projectile, car s'il y avait

interposition de tissus entre les mors de la pince, la sonnette ne résonnerait pas.

Si l'on veut se servir d'une telle pince, qui n'est autre chose qu'un conducteur de Trouvé, pour reconnaître par contact un corps métallique de

Fig. 4.



position connue, placé devant soi, on sera étonné de voir combien il faut tâtonner pour faire retentir la sonnerie, alors que le contact avec le porte-aiguille est infaillible.

Cette différence souligne la critique de la sonde de Trouvé et montre aussi qu'aiguille électrique exploratrice et pince électrique extractive sont des instruments tout à fait différents, qui ne peuvent pratiquement se remplacer l'un par l'autre.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Prix Bordin. — L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Réaliser un progrès notable dans la recherche des courbes à torsion constante; déterminer, s'il est possible, celles de ces courbes qui sont algébriques; tout au moins celles qui sont unicursales.

En raison des circonstances et sur la proposition de la Commission des prix de Mathématiques, l'Académie décide que le concours sera prorogé jusqu'au 31 décembre 1915.

La séance est levée à 16 heures et demie.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUIN 1915.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Extrême lenteur du refroidissement dans les parties profondes de la croûte terrestre et tentative pour y apprécier, à partir d'une certaine époque, les progrès de la solidification.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Vérifions qu'avec les données indiquées dans ma dernière Note, pour E, u_0 et h (¹), la condition $v = u_0$ au bas de la croûte n'a pas cessé d'être satisfaite *physiquement* par la formule (1) de cette Note, depuis l'origine du refroidissement. Mais, dans ce but, je démontrerai d'abord l'expression asymptotique vers laquelle tend, quand ω grandit, l'intégrale $\psi(\omega) = \int_\omega^\infty e^{-\alpha^2}d\alpha$; et j'évaluerai approximativement celle-ci.

Remplaçons la variable α d'intégration, en prenant $\alpha = \omega + \frac{\beta}{2\omega}$, par une autre, β, propre à rendre constante la limite inférieure. Il vient

$$(1) \qquad \psi(\omega) = \frac{e^{-\omega^2}}{2\omega}\mathrm{I},$$

si l'on pose successivement, en faisant, à la fin, $e^{-\beta} = \gamma$,

$$(2) \qquad \mathrm{I} = \int_0^\infty e^{-\beta-\frac{\beta^2}{4\omega^2}}d\beta = \int_{\beta=\infty}^{\beta=0} e^{-\frac{\beta^2}{4\omega^2}}de^{-\beta} = \int_0^1 e^{-\frac{1}{4\omega^2}\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)^2}d\gamma.$$

(¹) Voir le précédent *Compte rendu*, p. 748.

Il est visible qu'ici, sous le signe $\int$, l'exponentielle, moindre que 1, tend vers l'unité quand ω croît de zéro à ∞ (sauf infiniment près de la limite inférieure $\gamma = 0$). Donc I grandit en même temps de zéro à 1; et $\psi(\omega)$ tend, avec un écart relatif évanouissant ε, vers l'expression $\frac{e^{-\omega^2}}{2\omega}$, approchée d'ailleurs par excès.

On développe aisément l'écart relatif ε, c'est-à-dire $1 - \mathrm{I}$, suivant les puissances ascendantes de $\frac{1}{4\omega^2}$, en intégrant I par parties un nombre indéfini de fois, sous la condition de prendre sans cesse l'exponentielle comme facteur non intégré. Le facteur intégré est, chaque fois, de la forme $\int f\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)d\gamma$, où f désigne un polynome à degrés successifs 0, 1, 2, 3, ...; ce qui donne

$$\int f\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)d\gamma = \gamma f\left(\log\frac{1}{\gamma}\right) + \gamma f'\left(\log\frac{1}{\gamma}\right) + \gamma f''\left(\log\frac{1}{\gamma}\right) + \ldots.$$

Par exemple, en se bornant à la première intégration par parties, il vient

$$(3) \qquad \varepsilon = 1 - \mathrm{I} = \frac{1}{2\omega^2}\int_0^1 e^{-\frac{1}{4\omega^2}\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)^2}\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)d\gamma < \frac{1}{2\omega^2};$$

le dernier membre s'obtient en remplaçant l'exponentielle par sa valeur la plus forte 1 et intégrant $\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)d\gamma$; ce qui donne $\left(\gamma\log\frac{1}{\gamma} + \gamma\right)_0^1$ ou 1.

Mais effectuons encore sur le troisième membre de (3) une intégration par parties indiquée. Nous aurons

$$(4) \qquad \varepsilon = \frac{1}{2\omega^2} - \frac{1}{4\omega^4}\int_0^1 e^{-\frac{1}{4\omega^2}\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)^2}\left[\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)^2 + \log\frac{1}{\gamma}\right]d\gamma.$$

L'intégrale par laquelle se termine le second membre est visiblement moindre que

$$\int_0^1\left[\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)^2 + \log\frac{1}{\gamma}\right]d\gamma = \left[\gamma\left(\log\frac{1}{\gamma}\right)^2 + 3\gamma\log\frac{1}{\gamma} + 3\gamma\right]_0^1 = 3.$$

Par suite, si l'on appelle ε' l'excédent positif de $\frac{1}{2\omega^2}$ sur ε, l'écart relatif par excès, ε, de l'expression asymptotique $\frac{e^{-\omega^2}}{2\omega}$, sera

$$(5) \qquad \varepsilon = \frac{1}{2\omega^2} - \varepsilon' \quad \text{avec} \quad \varepsilon' < \frac{3}{4\omega^4} = \frac{1}{2\omega^2}\,\frac{3}{2\omega^2};$$

et il y aura lieu de prendre

$$(6)\qquad \psi(\omega)=\frac{e^{-\omega^2}}{2\omega}\left(1-\frac{1}{2\omega^2}\right),$$

plutôt que la simple expression asymptotique, toutes les fois que $2\omega^2$ surpassera 3, ou que ω excédera 1, 2247.

II. Voyons maintenant si notre hypothèse de la conservation, jusqu'à l'époque actuelle, de la température primitive u_0 au fond de la croûte, se trouve bien vérifiée *physiquement* par la formule (1) de ma précédente Note, où il faudra faire $E = 100000$, $h = 1,2$.

En y mettant $\psi(0)=\frac{\sqrt{\pi}}{2}$ en facteur commun dans la quantité entre crochets et puis divisant par u_0, nous aurons (vu $x = E$)

$$(7)\quad \text{(au fond)}\quad \frac{v}{u_0} \text{ ou } \frac{u}{u_0}=1-\frac{2}{\sqrt{\pi}}\psi\left(\frac{E}{2a\sqrt{t}}\right)+\frac{2}{\sqrt{\pi}}e^{h^2a^2t+hE}\,\psi\left(\frac{E}{2a\sqrt{t}}+ha\sqrt{t}\right).$$

Cherchons d'abord la plus forte valeur du dernier terme, dans lequel nous poserons, pour abréger, $a\sqrt{t}=\mu$ et qui est alors

$$(8)\qquad \frac{2}{\sqrt{\pi}}e^{h^2\mu^2+hE}\,\psi\left(\frac{E}{2\mu}+h\mu\right).$$

La fonction ψ y sera toujours réductible à sa forme asymptotique. Car la variable de cette fonction, $\frac{E}{2\mu}+h\mu$, a pour dérivée en μ, $-\frac{E}{2\mu^2}+h$; et elle atteint, pour $\mu=\sqrt{\frac{E}{2h}}$, son minimum $\sqrt{2hE}$, qui vaut ici 489,9, valeur bien plus grande qu'il ne faut pour rendre $\psi(\sqrt{2hE})$ physiquement réductible à la forme asymptotique. Il en sera de même, à plus forte raison, pour toutes les autres valeurs de t ou de μ; et l'on pourra ainsi remplacer (8), après une réduction évidente, par

$$(9)\qquad \frac{1}{\sqrt{\pi}\,e^{\frac{E^2}{4\mu^2}}\left(\frac{E}{2\mu}+h\mu\right)}.$$

Or, cette expression est toujours *physiquement* négligeable devant l'unité; car, nulle aux deux limites $\mu=0$, $\mu=\infty$, elle a *même* son maximum (intermédiaire) absolument insensible. En annulant, dans (9), la dérivée en μ du dénominateur, on trouve, en effet, que ce maximum se produit pour

$$2\mu^2=\frac{1}{2}\left(E^2+\frac{E}{h}\right)+\sqrt{\frac{1}{4}\left(E^2+\frac{E}{h}\right)^2+\frac{E^3}{h}}=\text{(très sensiblement) }E^2;$$

d'où

$$\frac{E}{\mu} = \sqrt{2};$$

et qu'il a la valeur

$$(10) \qquad \sqrt{\frac{2}{\pi e}}\frac{1}{1+hE} = (\text{sensiblement}) \sqrt{\frac{2}{\pi e}}\frac{1}{hE} = \frac{0,4839}{hE} = \frac{0,4033}{E}.$$

Puisqu'on prend $E = 100000$, ce maximum vaut environ $\frac{4}{1000000}$ d'unité, quantité qui est bien, *physiquement*, négligeable à côté de 1.

III. La formule (7) donne donc simplement, pour le rapport de la température v ou u produite, d'après notre intégrale, sur le fond de la croûte, à sa valeur primitive u_0,

$$(11) \qquad (\text{au fond}) \quad \frac{v}{u_0} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\psi\left(\frac{E}{2a\sqrt{t}}\right).$$

Et la même démonstration fait voir qu'aux *grandes* profondeurs x, le rapport $\frac{u}{u_0}$ ou, à fort peu près, $\frac{v}{u_0}$, est donné par la formule analogue, ne contenant plus h,

$$(12) \qquad (\text{pour } x \text{ assez grand}) \quad \frac{v}{u_0} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\psi\left(\frac{x}{2a\sqrt{t}}\right),$$

comme si la surface $x = 0$ se refroidissait *par contact*, c'est-à-dire se trouvait maintenue sans cesse à la température zéro.

Or les seconds membres de (11) et de (12) décroissent, comme il fallait s'y attendre, à mesure que t grandit ou que progresse le refroidissement général. Mais le décroissement peut être encore regardé comme négligeable, dans (11), *à l'époque actuelle* où, d'après nos hypothèses, le rapport $\frac{E}{2a\sqrt{t}}$ prend la valeur $\frac{25}{24}\sqrt{\pi}$. Car, en effectuant les calculs par la formule approchée (6), on trouve, dans ces conditions,

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\psi\left(\frac{E}{2a\sqrt{t}}\right) = (0,010109)(1-0,147) = 0,00863,$$

avec une erreur par défaut moindre que 0,00065. Ainsi, notre intégrale approchée attribue au fond $x = E$ de la croûte, pour l'époque actuelle, un refroidissement d'environ 9 millièmes de la température primitive u_0,

refroidissement insignifiant eu égard à l'approximation requise ici, qui n'excède certainement pas le centième des résultats (¹).

IV. On voit toutefois qu'avec la valeur de E choisie, 100000^m, nos formules (7) ou (11) commencent, dès l'époque actuelle, à ne plus vérifier aussi bien que par le passé la condition, imposée à la base $x = E$ (*censée fixe*) de la croûte, de conserver sa température primitive u_0 de fusion; condition dont la réalisation indéfinie exigerait, il est vrai, le jeu, dans la masse liquide ou pâteuse sous-jacente, d'actions chimiques juste capables de remplacer à chaque instant la chaleur qu'elle cède à la croûte.

En l'absence de pareilles actions chimiques, l'épaisseur E croîtra par l'adjonction, sous la croûte, de particules fluides se solidifiant et lui abandonnant ainsi leur chaleur latente de fusion. Mais alors, le problème change de nature et se dérobe aux méthodes ordinaires de la Physique mathématique. Il entre dans la classe de ceux où, soit les *conditions définies* relatives à diverses parties de la surface des corps étudiés, soit même les *équations indéfinies* concernant leur intérieur, s'appliquent non plus toujours aux mêmes particules, mais à une matière sans cesse accrue ou, du moins, changeante.

Néanmoins, deux de ces problèmes, à ma connaissance, celui de la *charge roulante*, ou du poids voyageur le long d'une barre horizontale à bouts appuyés, et celui du choc central de deux sphères, ont pu être résolus, mais *en y regardant comme sans inertie les particules affectées de déformations sensibles*, hypothèse capable, il est vrai, d'altérer profondément les questions (²).

(¹) Avec les données plus récentes indiquées à la Note du n° III de mon précédent article, ou conduisant à prendre $u_0 = 1490$ au lieu de 1600, la valeur $\frac{25}{24}\sqrt{\pi}$ de $\frac{E}{2a\sqrt{t}}$ à l'époque actuelle se trouverait multipliée par le rapport 1,07382; ce qui donnerait

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\psi\left(\frac{E}{2a\sqrt{t}}\right) = (0,005586)(1 - 0,127) = 0,00488,$$

avec une erreur par défaut moindre que 0,00027.

L'écart d'avec l'unité, au lieu d'être environ 0,009, serait donc seulement 0,005.

(²) On peut voir, pour ces deux problèmes, les pages 560 à 577 et 716 à 719 de mon Volume de 1885 intitulé « *Application des potentiels à l'équilibre et au mouvement des solides élastiques, avec des Notes étendues sur divers points de Physique mathématique et d'Analyse* », Volume constituant le Tome 13 (4e série) des *Mémoires de la Société*

V. Ici, il y aurait peut-être lieu, simplement, de faire, à partir d'une certaine époque t_0 (où nous prendrons $E = E_0$) l'épaisseur E proportionnelle à $\sqrt{t}$ et, par suite, $\frac{dE}{dt}$ inverse de $\sqrt{t}$, en choisissant d'ailleurs E_0 et t_0 de manière que le petit flux ascendant, $K\frac{du}{dx}$ ou $Ca^2\frac{du}{dx}$, de chaleur à travers le plan $x = E$ et par unité de temps, flux résultant de la formule (12) différentiée en x, soit égal à la chaleur latente $L\frac{dE}{dt}$ dégagée, toujours dans l'unité de temps, par la couche élémentaire dE qui se solidifie sans cesse à la base de la croûte.

Alors, ω désignant la valeur, *désormais invariable*, du rapport $\frac{E}{2a\sqrt{t}}$, on aura

$$E = 2a\omega\sqrt{t}, \qquad \frac{dE}{dt} = \frac{a\omega}{\sqrt{t}};$$

d'où il résulte, comme chaleur latente $L\frac{dE}{dt}$, $\frac{La\omega}{\sqrt{t}}$. On trouve, d'autre part, comme flux $Ca^2\frac{du}{dx}$ ascendant à travers la base actuelle $x = E$, $C\frac{au_0}{\sqrt{\pi t}}e^{-\omega^2}$; et son égalité à la chaleur latente donne finalement, pour déterminer ω, la relation

$$\frac{e^{-\omega^2}}{\omega\sqrt{\pi}} = \frac{L}{Cu_0}, \tag{13}$$

dont le second membre est *le rapport de la chaleur latente* L *de fusion de la croûte à la chaleur totale* Cu_0 *absorbée par l'échauffement de celle-ci au moment où elle va fondre.*

Plus ce rapport est grand, et plus est petite l'unique racine ω de l'équation (13); car le premier membre croît de zéro à l'infini, quand ω décroît de l'infini à zéro.

VI. Le rapport physique $\frac{L}{Cu_0}$ devrait donc, d'après les données et les calculs du n° III, être seulement 0,010109 [1], pour que l'époque actuelle,

---

des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille. L'intégration de l'équation du problème de la charge roulante ainsi simplifié, se trouve traitée aussi dans mon *Cours d'Analyse infinitésimale pour la Mécanique et la Physique*, t. 2, 2e fascicule, p. 265*.

[1] Ou même 0,005586, quand $u_0 = 1490$ et non 1600 (Note de la fin du n° III).

où $\omega = \frac{25}{24}\sqrt{\pi}$ quand $E = 100000^m$, fût celle où E commencerait à croître comme $\sqrt{t}$. En réalité, ce rapport physique est, bien probablement, très supérieur à 0,01. D'où il suit qu'il faudra, avant de commencer à faire varier E aussi vite que $\sqrt{t}$, attendre la période du refroidissement, plus avancée, où la fonction $\frac{e^{-\omega^2}}{\omega\sqrt{\pi}}$ aura atteint la vraie valeur du rapport en question $\frac{L}{Cu_0}$.

Si celui-ci égale, par exemple, 0,10951, soit 0,11, valeur approchée assez probable (pour le fer) et qui correspond à $\omega = 0,68\sqrt{\pi}$, on aura, à ce moment,

$$\frac{E}{2a\sqrt{t}} = 0,68\sqrt{\pi}, \qquad \text{avec} \qquad t = t_0, \qquad E = E_0 = 100000^m;$$

et t aura grandi, à partir de l'époque actuelle où $\frac{E}{2a\sqrt{t}} = \frac{25}{24}\sqrt{\pi}$, dans le rapport $\left(\frac{25}{24 \times 0,68}\right)^2 = 2,3466$ (1). Jusque-là, le flux ascendant de chaleur, à travers la base $x = E$ de la croûte, sera insuffisant pour que l'épaisseur E croisse aussi vite que $\sqrt{t}$, et peut-être sera-t-il permis de négliger sa variation ainsi limitée. Il est clair, du reste, qu'à partir de ce moment t_0, v, calculé par nos formules, cesserait, comme ω, de varier au bas $x = E$ de la croûte.

Mais, malheureusement pour cette manière de traiter la question, si l'on calcule, par l'expression asymptotique $\psi(\omega) = \frac{e^{-\omega^2}}{2\omega}$, le dernier terme de (11) à ce même moment t_0, on trouve 0,10951, avec erreur par excès moindre que $\frac{e^{-\omega^2}}{\omega\sqrt{\pi}}\frac{1}{2\omega^2} = 0,03769$, soit une valeur approchant de 0,1. C'est dire qu'à l'époque t_0 considérée, la température au bas de la croûte, évaluée *par nos formules*, comportera une erreur, sur u_0, de l'ordre du dixième, ou beaucoup trop sensible pour qu'on puisse continuer à les admettre.

Il faudrait donc trouver une intégrale plus approchée, ou vérifiant mieux la condition $v = u_0$ relative au fond, que la nôtre (7), ou (12), et n'exigeant cependant que des calculs abordables, pour avoir, du problème de Fourier sur le refroidissement de la croûte terrestre, une solution appropriée à cet avenir encore lointain.

---

(1) Ou même dans le rapport $2,3466 \times 1,07382^2 = 2,7058$, si l'on prend $u_0 = 1490$.

M. **Vito Volterra**, Correspondant de l'Académie, fait hommage, par l'organe de M. G. Darboux, d'un Volume intitulé : *The theory of permutable functions*, édité par l'Université de Princeton.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les équations fondamentales et l'amortissement des sismographes;* par Édouard Mier.

2° *Nova Acta Regiæ Societatis Scientiarum Upsaliensis* (Ser. quartæ, Vol. III, fasc. 2).

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Mellish* (1915 *a*), *faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé* (0^m,33). Note de M. **Paul Brück**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1915.	Temps moyen de Besançon.	Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	Ⓡ apparente.	Log. fact. parallaxe.	Ⓓ apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mars 16...	16. 8. 1	+0.52,00	− 2. 8,7	8: 3	17.45.52,23	$-\bar{1}$,313	89.38.35,7	−0,810	1
Avril 13..	15.11.19	+1. 2,62	+ 2.48,0	12: 4	18.20.52,58	$-\bar{1}$,242	94.11. 3,1	−0,834	2
» 13..	16. 1.13	+1. 5,08	+ 3.20,3	6: 6	18.20.55,04	$-\bar{2}$,973	94.11.35,4	−0,836	2
» 15..	16.14.55	+2.44,81	− 9.13,3	6: 3	18.23.30,69	$-\bar{2}$,789	94.44.32,2	−0,842	3
» 15..	16.14.55	+4. 0,76	− 5. 1,3	6: 3	18.23.30,77	$-\bar{2}$,789	94.44.32,9	−0,842	4
» 15..	16.14.55	+1.58,55	»	6: 0	18.23.30,62	$-\bar{2}$,789	»	»	5
» 16..	15.27. 4	+3.14,94	+ 3.29,4	6: 3	18.24.45,98	$-\bar{1}$,128	95. 1.18,3	−0,840	5
» 17..	14.47.44	−2.34,78	+ 5.26,3	6:12	18.26. 2,75	$-\bar{1}$,296	95.19.11,4	−0,838	6
Mai 14..	15. 9.21	+1.47,93	+ 0.20,0	6: 6	19.10.41,75	$-\bar{2}$,808	113. 4.58,6	−0,918	7
» 15..	12.49. 3	−2.36,80	− 6.18,5	3: 6	19.12.57,89	$-\bar{1}$,479	114.15.39,1	−0,886	8
» 15..	15. 7.18	+2.46,18	+ 3.59,4	6: 6	19.13.11,40	$-\bar{2}$,798	114.23.28,0	−0,921	9

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Ⱥ moyenne 1915,0.	Réduction au jour.	℘ moyenne 1915,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s			
1.......	8,6	17.44.59,02	+1,21	89°.40′.27″,6	+16″,8	Nicolajew, 4419
2.......	7,5	18.19.48,05	+1,91	94. 8. 2,0	+13,1	Strasbourg, 6161
3.......	7,7	18.20.43,90	+1,98	94.53.32,8	+12,7	Strasbourg, 6167
4.......	8,4	18.19.28,03	+1,98	94.49.21,4	+12,8	Strasbourg, 6156
5.......	8,0	18.21.30,10	+1,97	»	»	Strasbourg, 6173
5.......	8,0	18.21.30,10	+1,94	94.57.36,3	+12,6	Strasbourg, 6173
6.......	7,0	18.28.35,53	+2,00	95.13.33,0	+12,1	Strasbourg, 6204
7.......	8	19. 8.50,87	+2,95	113. 4.36,7	+ 1,9	C.G.A. (Gould), 26329
8.......	7	19.15.31,44	+2,97	114.21.50,2	+ 0,9	C.G.A. (Gould), 26472
9.......	6-7	19.10.22,22	+3,00	114,19.27,3	+ 1,3	C.G.A. (Gould), 26373

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation des intégrales des équations de M. Painlevé, au moyen de la théorie des équations linéaires.* Note (¹) de M. **René Garnier**, présentée par M. Appell.

J'ai montré antérieurement (²) comment la théorie des équations linéaires permet de représenter les intégrales de trois des équations nouvelles dues à M. Painlevé [équations des types (V), (IV) et (III); actuellement, je suis parvenu à étendre ces résultats aux équations des types (II) et (I), les seules qui restaient encore à étudier. J'indiquerai dans cette Note la proposition très simple à laquelle je suis parvenu : elle constitue la conclusion naturelle des recherches que j'ai entreprises dans cette direction.

1. Partons (³) de l'équation linéaire (E_{IV}); elle possède un point singulier régulier $x=0$ et un autre irrégulier d'ordre 3, $x=\infty$. J'ai montré qu'on obtient deux intégrales premières de (IV) à l'aide de deux expressions formées rationnellement au moyen : 1° des quantités A, B, C, D coefficients de la substitution correspondant à un lacet autour de $x=0$; 2° des trois intégrales remarquables φ, θ, $\zeta\theta$ relatives au point irrégulier $x=\infty$. Si l'on veut encore, les deux intégrales de (IV) sont formées à l'aide des valeurs prises au point x_0 (arbitraire) par *cinq intégrales* de (E_{IV}) : φ, θ, $\zeta\theta$ et les deux intégrales canoniques en $x=0$.

(¹) Séance du 14 juin 1915.

(²) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1208, 1335; t. 155, p. 137; t. 159, 1914, p. 296.

(³) *Ibid.*, t. 159, 1914, p. 296.

Ceci rappelé, remplaçons, dans (E_{IV}), x par $1+\alpha x$, et faisons tendre α vers zéro; le point régulier $-\alpha^{-1}$ tendra vers le point irrégulier $x=\infty$, et l'on pourra prendre pour les coefficients de (E_{IV}) des fonctions de α telles que le point $x=\infty$ soit un point irrégulier *d'ordre* 4 pour l'équation limite. La dégénérescence, possible de deux façons distinctes, conduit à l'une des équations (E_I) ou (E_{II}); dans le premier cas, auquel nous nous limitons, on a les équations

$$(E_I) \qquad y'' - \left[4(x^3-\lambda^3)+2t(x-\lambda)+\lambda'^2+\frac{\frac{3}{4}}{(x-\lambda)^2}-\frac{\lambda'}{x-\lambda}\right]y=0,$$

$$(I) \qquad \lambda''=6\lambda^2+t \qquad \left(\lambda'=\frac{d\lambda}{dt},\ \lambda''=\frac{d^2\lambda}{dt^2},\ y''=\frac{d^2y}{dx^2}\right).$$

2. Toute la question revient à rechercher (si elles existent) les limites des cinq intégrales de (E_{IV}) : effectivement, ces limites existent et coïncident avec cinq intégrales remarquables de (E_I) définies dans des secteurs infinis. Définissons d'abord ces intégrales; nous énoncerons ensuite notre résultat. Posons

$$(1) \qquad \Phi(x,\xi)=\int_x^{\xi} u^{\frac{3}{2}}e^{-\frac{8\varepsilon}{5}u^{\frac{5}{2}}-2\varepsilon t u^{\frac{1}{2}}}\,du \qquad (\varepsilon=\pm 1),$$

$$f(x)=\lambda'^2-4\lambda^3-2t\lambda-\frac{\lambda'}{x-\lambda}-\frac{t^2}{4x}-\frac{3\varepsilon t}{4x^{\frac{3}{2}}}+\frac{\frac{3}{4}}{(x-\lambda)^2}-\frac{21}{16x^2},$$

nos intégrales sont définies par les formules

$$y(x)=x^{-\frac{3}{4}}e^{\frac{4\varepsilon}{5}x^{\frac{5}{2}}+\varepsilon t x^{\frac{1}{2}}}z(x),$$

$$z(x)=\sum_{n=0}^{+\infty} z_n(x), \qquad z_0(x)=1,$$

$$(2) \qquad z_{n+1}(x)=\int_{(x\infty)}\frac{\Phi(x,\xi)}{\Phi'_{\xi}}f(\xi)\,z_n(\xi)\,d\xi,$$

les intégrales (1) et (2) étant prises le long du prolongement indéfini du vecteur $\overline{Ox}$; de plus, l'argument β de x satisfait à l'une des conditions

$$\varepsilon=-1: \qquad -\pi<\beta<-\frac{3\pi}{5}, \qquad -\frac{\pi}{5}<\beta<\frac{\pi}{5}, \qquad \frac{3\pi}{5}<\beta<\pi;$$

$$\varepsilon=+1: \qquad -\frac{3\pi}{5}<\beta<-\frac{\pi}{5}, \qquad \frac{\pi}{5}<\beta<\frac{3\pi}{5}, \qquad \pi<\beta<\frac{7\pi}{5}.$$

On démontre aisément que chacune des six intégrales précédentes $y_1, \ldots, y_6$ converge uniformément pour $|x| > A$, A étant suffisamment grand; quand $|x|$ croît indéfiniment, les $z(x)$ tendent vers 1. D'ailleurs, on peut supposer les y_i prolongées analytiquement jusqu'au point x_0 (quelconque, à distance finie). Posons encore $\omega_i = y'_i : y_i$; cela étant, j'ai établi le théorème suivant :

L'ÉQUATION (I) ADMET COMME INTÉGRALES PREMIÈRES LES RAPPORTS ANHARMONIQUES DE QUATRE QUELCONQUES DES QUANTITÉS ω_i.

A deux rapports distincts [1] correspondent deux intégrales premières distinctes de (I), telles que, par exemple :

$$\frac{(\omega_3 - \omega_1)(\omega_4 - \omega_2)}{(\omega_3 - \omega_2)(\omega_4 - \omega_1)} = \text{const.}, \qquad \frac{(\omega_3 - \omega_1)(\omega_5 - \omega_2)}{(\omega_3 - \omega_2)(\omega_5 - \omega_1)} = \text{const.},$$

ou, en posant

$$\delta_{ik} = y_i(x_0) y'_k(x_0) - y_k(x_0) y'_i(x_0),$$

$$\delta_{13}\delta_{24} : \delta_{23}\delta_{14} = \text{const.}, \qquad \delta_{13}\delta_{25} : \delta_{23}\delta_{15} = \text{const.}$$

Je me propose de revenir sur cette représentation (qui rappelle celle des fonctions hypergéométriques par des intégrales définies) afin de montrer tout le profit qu'on peut en tirer dans l'étude de l'équation $\lambda'' = 6\lambda^2 + t$.

3. En définitive, nous sommes partis d'une équation linéaire (E_{VI}) possédant quatre points réguliers et un groupe G bien déterminé; nos passages à la limite ont fusionné ces points en un seul (irrégulier) et ont réduit G à la substitution unité; aux intégrales canoniques de (E_{VI}) se sont substituées des intégrales remarquables de (E_I), définies dans six secteurs. On peut dire que l'équation (I) résout pour (E_I) *un problème analogue à celui de Riemann pour* (E_{VI}), *mais où les substitutions qui relient* $y_1, \ldots, y_6$ *remplacent les substitutions du groupe de* (E_{VI}).

4. Sans chercher à préciser davantage cet énoncé, je voudrais indiquer une généralisation aux équations linéaires du second ordre qui promet d'être féconde. Il est très vraisemblable que les résultats que j'avais obtenus pour les équations à singularités d'ordre 4 s'étendent aux équations linéaires du second ordre, rationnelles en x, à singularités QUELCONQUES. Toute équation possédant un point x_q d'ordre q, doit posséder $2q - 2$ intégrales remar-

---

[1] Ces rapports sont manifestement indépendants de x_0.

quables, attachées à ce point, ces intégrales constituant la trace des $2q-4$ intégrales remarquables et des deux intégrales canoniques relatives au point x_{q-1} d'ordre $q-1$ et au point régulier x_1 dont la fusion a réalisé x_q. Toute la difficulté résidera dans l'étude de la convergence d'un développement D en approximations successives, dont les termes sont fonctions d'un paramètre α. Le point le plus délicat de la démonstration sera l'étude de l'intégrale canonique en x_1 *dont l'exposant a la plus petite partie réelle*. L'exemple de $q=3$ et 4 montre en effet que, dans ce cas, pour limiter la fonction $\Phi(x, \xi, \alpha)$ qui tend vers $\Phi(x, \xi)$, on doit évaluer les intégrales figurant dans D le long de *courbes convergeant vers* x_1 *à la manière de spirales logarithmiques;* et c'est là la partie la plus cachée de la méthode que j'ai employée.

PHYSIQUE. — *Sur les spectres des rayons X secondaires homogènes.* Note de M. **M. de Broglie**, présentée par M. J. Violle.

A propos de la Note de M. Glagolev du 31 mai dernier, je demande à l'Académie la permission de rappeler que, dans des Communications insérées aux *Comptes rendus* des 25 mai, 15 juin et 27 juillet 1914, j'ai décrit une méthode permettant d'obtenir les spectres des rayons secondaires des rayons X et je l'ai appliquée à une vingtaine d'éléments.

PHYSIQUE. — *La notion d'intervalle de température envisagée dans son rapport avec les mesures mécaniques.* Note (¹) de M. **E. Raverot**, présentée par M. E. Bouty.

Dans un récent Rapport académique (²), il est énoncé que « l'unité d'intervalle de température et celle d'intensité lumineuse..... n'interdisent pas l'espérance de définitions mécaniques ».

C'est assez dire qu'actuellement les unités en question n'en comportent point; mais cela ne donne aucune indication quant à l'expectative de ces définitions désirables.

En ce qui concerne la première unité en question, celle d'intervalle de

(¹) Séance du 7 juin 1915.

(²) Rapport de M. Violle à l'occasion du projet de définition des unités fondamentales, adopté à l'unanimité (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 889).

température, il nous appartient à cette occasion de rappeler ce que nous avons publié en 1890 comme « Remarque sur la valeur calorimétrique de l'unité pratique d'énergie adoptée par les électriciens (¹) ».

Ainsi que nous l'avons rapporté, c'est M. Blakesley qui le premier en Angleterre a indiqué en 1889 que « le thermomètre centigrade peut être mis en relation décimale avec les unités de température C. G. S. ou du système quadrant, volt, seconde, en adoptant la chaleur spécifique de l'air à pression constante comme unité (²) »;

Ce qu'il formulait laconiquement :

$$1^\circ \text{C.} = 10^7 \text{ unités C. G. S. (air).}$$

La coïncidence numérique servant de point de départ à cette conclusion est celle-ci :

L'équivalent mécanique de la calorie (g. d.) dans le système électromagnétique C. G. S. est $4,2 \times 10^7$ ergs; inversement, l'équivalent calorifique de l'erg est $0,2381 \times 10^{-7}$ calorie (g. d.).

La valeur de la chaleur spécifique de l'air est

0,2375 d'après Regnault,
0,2389 d'après Wiedemann,

soit en moyenne $0^{\text{cal}},2382$.

Il nous a semblé, dès cette époque, et nous avons publié en 1890 que la coïncidence en question comporte un énoncé plus explicite mécaniquement (et dans lequel n'entre pas la notion conventionnelle de chaleur spécifique) en disant :

« 1 joule ($0^{\text{cal}},238$) est la quantité d'énergie calorifique qui correspond à une variation de température de 1° C. de la masse d'air de 1^{g} à pression constante à partir de 0° » et, puisque le degré centigrade est défini par un certain accroissement de volume de l'air à pression constante (0,00366 ou $\frac{1}{273}$ du volume à 0°) :

« 1 *joule* ($0^{\text{cal}},238$) *est la quantité d'énergie calorifique correspondant à une variation de volume de la masse d'air de* 1^{g} *de* $\frac{1}{273}$ *de son volume à* 0°, *à la pression constante de l'atmosphère* (³). »

(¹) *La Lumière électrique*, 1re série, 12e année, t. 35, n° 10, 8 mars 1890, p. 453.

(²) Blakesley, *Faits connexes aux systèmes d'unités scientifiques de mesure* (*Philosophical Magazine*, février 1889, p. 378).

(³) M. A. Leduc (*Comptes rendus*, t. 126, p. 1860) a montré que, si l'on corrige de l'effet de la détente, négligé par Regnault, le nombre 0,2375, qu'il adopte pour la

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la charge des condensateurs au moyen d'une force électromotrice constante et leur décharge dans un circuit à étincelle.* Note [1] de M. **Léon Bouthillon**, transmise par M. A. Blondel.

Le circuit de charge comprend une source de force électromotrice constante E, une résistance R, une self-induction L et un condensateur C. Le circuit de décharge comporte un éclateur, qui peut être d'un des deux types connus : le type fixe, caractérisé par une différence de potentiel d'éclatement constante V; ou le type tournant, caractérisé par une durée de charge constante τ. Il se produit dans ces conditions une série ininterrompue de charges et de décharges successives du condensateur.

Nous supposerons, dans ce qui suit, que la durée de l'étincelle est négligeable par rapport à celle de la charge et que le condensateur est complètement déchargé au moment ou l'étincelle s'éteint.

Suivant que $\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{CL}$ est positif ou négatif, la charge est apériodique ou périodique.

Au début de la charge ($t = 0$) la différence de potentiel aux bornes du condensateur est supposée nulle. Soit i_0 la valeur correspondante de l'intensité du courant dans le circuit de charge. Les valeurs v et i de la différence de potentiel et du courant au temps t sont :

$$v = E - \frac{e^{-\alpha t}}{\sin\mu} i_0 \sqrt{\frac{L}{C}} \cos(\omega t + \mu - \varphi);$$

$$i = i_0 \frac{e^{-\alpha t}}{\sin\mu} \sin(\omega t + \mu),$$

où l'on pose

$$\alpha = \frac{R}{2L}, \qquad \omega = \sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}},$$

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\alpha}{\omega}, \qquad \operatorname{tang}\mu = \frac{L\omega i_0}{E - L\alpha i_0}.$$

---

chaleur spécifique sous pression constante de l'air atmosphérique, ce nombre doit être porté à 0,239.

Adoptant pour l'équivalent mécanique de la calorie le nombre $4,184.10^7$, moyenne des meilleures et des plus récentes déterminations (*Recueil des constantes*, publié par la *Société française de Physique*), on trouve pour la valeur du joule exactement 0,239.

La conclusion de l'auteur subsiste donc entièrement. E. B.

(1) Séance du 14 juin 1915.

Si ω^2 est positif (cas de la charge périodique), v et i sont des grandeurs sinusoïdales amorties dont la période est $T = \frac{2\pi}{\omega}$ et le décrément d'amortissement $\delta = \frac{\alpha\omega}{2\pi}$.

Existence des régimes musicaux. — La succession des bruits des étincelles donne l'impression d'un son musical si :

1° Les décharges se succèdent à intervalles égaux d'une durée τ constante;

2° La différence de potentiel V d'éclatement est la même pour toutes les étincelles.

On en déduit pour la différence de potentiel V d'éclatement et le courant initial j_0 correspondant au régime musical caractérisé par une durée de charge τ :

$$V = E\left[1 - e^{-\alpha\tau}\frac{\cos(\omega\tau - \varphi)}{\cos\varphi} - \frac{e^{-2\alpha\tau}\sin^2\omega\tau}{\cos^2\varphi\,\dfrac{1 - e^{-\alpha\tau}\cos(\omega\tau + \varphi)}{\cos\varphi}}\right],$$

$$j_0 = \frac{E}{L\omega}\,\frac{e^{-\alpha\tau}\sin\omega\tau}{1 - e^{-\alpha\tau}\dfrac{\cos(\omega\tau + \varphi)}{\cos\varphi}}.$$

Donc, à toute valeur de la différence de potentiel d'éclatement V supposée maintenue constante (cas de l'éclateur fixe), correspond un régime musical, caractérisé par les valeurs τ et j_0. De même, à toute valeur τ de la durée de la charge supposée maintenue constante (cas de l'éclateur tournant) correspond un régime musical, caractérisé par les valeurs V et j_0.

Rendement des régimes musicaux. — La différence de potentiel V d'éclatement en régime musical et le rendement, qui lui est proportionnel $\left(r = \frac{1}{2}\frac{V}{E}\right)$, sont des fonctions périodiques amorties de τ ayant une série de maxima pour les valeurs

$$\omega\tau = (2k + 1)\pi$$

et de minima pour les valeurs

$$\omega\tau = 2k\mu.$$

Les courbes correspondantes ont de larges paliers aux environs des maxima, de telle sorte que des variations, même très notables, de la hauteur du son musical autour de ces points, ne provoquent que de très faibles diminutions du rendement.

Le maximum absolu de la différence de potentiel et du rendement a lieu

pour $\omega\tau = \pi$, c'est-à-dire pour une durée de charge égale à la moitié de la période de l'oscillation de charge. Le rendement est alors

$$r = \frac{1 + e^{-\frac{\delta}{2}}}{2}$$

et l'intensité initiale j_0 est nulle. C'est le régime de fonctionnement optimum.

Établissement et stabilité des régimes musicaux : Cas de l'éclateur tournant. — Soient $i_0, i_1, \ldots, i_n$ les intensités au début de la première, de la deuxième, ..., de la $(n+1)^{\text{ième}}$ charge. On a la relation de récurrence suivante entre i_n et i_{n-1} :

$$i_n = e^{-\alpha\tau}\left[\frac{E}{L\omega}\sin\omega\tau + i_{n-1}\frac{\cos(\omega\tau + \varphi)}{\cos\varphi}\right].$$

On en déduit, tous calculs faits,

$$i_n = j_0 + e^{-n\alpha\tau}\frac{\cos^n(\omega\tau + \varphi)}{\cos^n\varphi}(i_0 - j_0),$$

j_0 étant l'intensité initiale qui correspond au régime musical de période τ.

Le terme complémentaire $e^{-n\alpha\tau}\frac{\cos^n(\omega\tau + \varphi)}{\cos^n\varphi}$ tend vers zéro quand n augmente indéfiniment. Le régime musical est donc stable quelle que soit la valeur de τ et s'établit de lui-même quelle que soit la valeur du courant à la mise en route.

Cas de l'éclateur fixe. — Soient V la différence de potentiel d'éclatement, j_0 et τ l'intensité initiale et la durée de la charge pour le régime musical correspondant; soient

$$\begin{aligned} i_0 &= j_0 + \Delta i_0, \\ i_1 &= j_0 + \Delta i_1, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ i_n &= j_0 + \Delta i_n \end{aligned}$$

les intensités au début de la première, de la deuxième, ..., de la $(n+1)^{\text{ième}}$ charge. Le calcul montre qu'on a entre Δi_n et Δi_0 la relation

$$\Delta i_n = e^{-n\alpha\tau}\Delta i_0,$$

$e^{-n\alpha\tau}$ étant plus petit que I, le régime musical est stable et se rétablit après un déréglage momentané dès que la cause de la perturbation a cessé.

En résumé, quel que soit le genre d'éclateur employé, *les régimes musicaux sont des régimes stables et le système est autorégulateur.*

TECHNOLOGIE. — *Sur la mesure de l'imperméabilisation des draps et tissus militaires.* Note [1] de M. **G.-A. Le Roy**, présentée par M. Ch. Moureu.

J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie un nouvel appareil destiné à mesurer dans des conditions comparatives de pressions, surface, durée, température, etc., la non-perméabilité par l'eau, des tissus et particulièrement des draps employés pour les uniformes militaires.

On sait quelle est l'importance de la question de l'imperméabilité à l'eau et à la pluie des vêtements et effets de campement de troupes. L'importance de la question est accrue à l'heure actuelle, du fait de l'ampleur de la guerre et des éventualités de continuation de la campagne pendant la mauvaise saison prochaine et ses intempéries.

Cependant la détermination du pouvoir d'imperméabilité par l'eau, relative ou absolue, pour un tissu envisagé, ne paraît pas avoir encore fait l'objet d'un accord entre les techniciens. En effet, les modes d'essais mentionnés par les auteurs sont rudimentaires et insuffisants, ils se résument à façonner le tissu en cuvette ou poche, à l'emplir avec de l'eau et à constater *de visu* s'il y a ou non filtration ou suintage à travers l'étoffe.

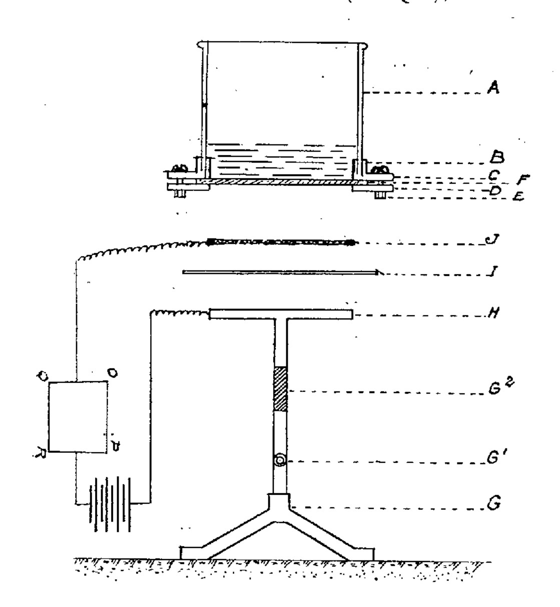
Le présent appareil que je dénomme *imperméabilimètre* a pour but de remédier à cette lacune.

Il est constitué (voir la figure) par un manchon en verre, ouvert aux deux extrémités, ayant 10^{cm} à 15^{cm} de hauteur et 10^{cm} de diamètre intérieur; ce manchon (A), gradué en hauteur par centimètres, est mastiqué par son extrémité intérieure dans une bague ou collier (B) en laiton, qui est muni d'une bride (C) avec trous pour le passage d'écrous-boulons (E) destinés à assujettir par serrage une contre-bride mobile (D). C'est entre (C) et (D) qu'on place le disque de 12^{cm} de diamètre (F) de tissu ou drap, qui a été découpé dans la pièce dont on veut évaluer le degré d'imperméabilisation. D'un autre côté, sur la tige métallique d'un support trépied (G) muni d'un système de genouillère (G_1) et isolé électriquement par une partie médiane (G_2) établie en ébonite ou analogue, on a soudé à demeure un disque rigide en laiton doré (H) de 10^{cm} de diamètre, sur lequel on place un disque en papier mince (papier à filtrer ou papier de soie) (I) qui a été préalablement trempé dans une solution aqueuse de sulfate de potassium, puis séché, et dont le périmètre, sur 1^{cm} environ, est isolé par paraffinage ou vernissage; finalement, sur le papier on place un disque de 10^{cm} de diamètre (J) en toile métallique très mince et à larges mailles, qui est en platine ou en cuivre doré. Les choses étant ainsi disposées, on relie

---

[1] Séance du 14 juin 1915.

le disque (H) électriquement à l'un des pôles d'une source de courant électrique (par exemple le courant continu à 110 volts d'un secteur en intercalant une résistance convenable, telle une lampe de 5 bougies), simultanément on relie le disque (J) à l'autre pôle; on pose le système ABCDF sur le système JIHG. Une sonnerie électromagnétique est intercalée dans le circuit pour fonctionner comme avertisseur du passage éventuel du courant; il est encore plus commode d'intercaler dans le circuit un dispositif électromagnétique apte, en fonctionnant comme relais (OPQR), d'actionner le style inscrip-



teur d'un chronographe enregistreur (L), de produire aussitôt après la rupture du circuit, en agissant comme disjoncteur, et de mettre en action une sonnerie (M) à système mécanique ou électromagnétique.

Dans les essais d'imperméabilité, on doit tout d'abord distinguer si le tissu se rapporte au type des tissus simultanément imperméables à l'eau et à l'air (type étoffes caoutchoutées et analogues), car dans le cas d'essai de ces tissus *biimperméables* le disque de tissu (F) devra être placé dans l'appareil, en contact immédiat contre le disque (J). Au contraire, si l'essai porte sur un tissu imperméabilisé seulement pour l'eau, mais laissé volontairement perméable pour l'air, dans le but de conserver les qualités de perméabilité pour les transpirations, conformément aux règles de l'hygiène, ce qui est le cas des uniformes militaires, on doit laisser un écartement de $0^{cm},5$ environ entre la surface du disque tissu (F) et le disque (J).

Dans l'un et l'autre de ces deux cas, on procède à l'essai d'imperméabilité, soit vis-à-vis de l'eau en repos et en nappe, soit de l'eau en pluie et ruisselante, des deux manières suivantes :

1° *Essai avec nappe d'eau.* — On emplit le manchon (A) avec de l'eau dis-

tillée, en opérant de 15 à 25 centigrades, jusqu'à une hauteur déterminée sur la graduation du manchon, hauteur correspondant à la pression adoptée pour le tissu en examen, puis on ferme le circuit électrique, et l'on note l'heure sur le tambour du chronographe mis en action. L'appareil est abandonné à lui-même. Dans ces conditions, suivant le degré d'imperméabilité, l'eau pénétrera plus ou moins rapidement, ou ne pénétrera pas, à travers le tissu, et si elle vient filtrer ou suinter à l'envers du tissu, elle humidifiera suffisamment le disque de papier préparé (I) pour que, devenu conducteur électrique, il laisse le courant passer du disque (J) à (H); le circuit se trouvant alors fermé, le dispositif (OPQR) actionne le style du chronographe et la sonnerie avertisseuse.

2° *Essai avec pluie artificielle et ruisselante.* — On procède d'une manière analogue, mais en retournant de bas en haut le manchon (A) dont l'orifice supérieur est alors obturé par le disque de drap ou tissu (F), les disques (H, I, J) étant introduits à l'intérieur du manchon. Dans ces conditions, soit en maintenant le manchon droit sur la verticale, soit en l'inclinant plus ou moins au moyen de (G_1), on fait ruisseler une pluie artificielle obtenue par un jet d'eau réalisé au moyen d'un orifice capillaire (Z) placé à une hauteur déterminée le long d'un support et alimenté par un réservoir (W) : la fermeture du courant, qui se produit ou non, est ou non enregistrée et annoncée comme dans l'essai précédent.

Dans les deux modes d'essai, on détermine donc le temps de non-pénétrabilité ou de pénétrabilité par l'eau pour une surface donnée et toujours comparable du tissu examiné, sous une pression d'eau déterminée. On peut donc, en prenant comme bases expérimentales tel ou tel tissu, établir des types étalonnés ou des types de comparaison.

Bien entendu on peut employer, au lieu du courant continu du secteur, le courant de piles ou d'accumulateurs, il suffira de modifier en ce sens les résistances (lampe et fil fusible) intercalées dans le cas d'emploi du courant de secteur.

PALÉONTOLOGIE. — *Les modifications de la structure des Fusulinidés, du Dinantien à la fin du Permien.* Note de M. J. **Deprat**, présentée par M. H. Douvillé.

Je suis actuellement assez avancé dans l'étude des Fusulinidés pour pouvoir jeter un coup d'œil d'ensemble sur les modifications apportées à la structure de chaque groupe à travers les temps anthracolithiques.

I. *Palæofusulina.* — Chez *Palæofusulina* Dep. (Dinantien), le réseau des poutrelles est léger; celles-ci sont fines et minces; leur extrémité n'est pas plus grosse que la partie attenante à la lame spirale. Les cloisons méridiennes sont plissées dans une seule direction.

II. *Fusulina.* — Chez les Fusulines les plus anciennes, chez les formes ouraliennes également, les poutrelles du réseau sont minces, généralement nombreuses entre deux cloisons méridiennes; celles-ci sont très plissées et anastomosées, elles sont minces et restent souvent compliquées dans la région buccale. Dans ce groupe rentrent : *Fus. multiseptata* Schell., *complicata* Schell., *pusilla* Schell., *globosa* Dep., *muongthensis* Dep., *incisa* Schell., *tenuissima* Schell., *Cayeuxi* Dep., *brevicula* Schw., *alpina* Schell., *Dussaulti* Dep., *Rouxi* Dep., *annamitica* Dep., *tchengkiangensis* Dep., *pseudobrevicula* Dep., *laosensis* Dep., *Kozui* Dep. Au contraire les espèces du Permien inférieur montrent déjà des poutrelles beaucoup plus grosses, tendant à se renfler à la base, et par suite moins nombreuses entre les cloisons. Celles-ci deviennent plus épaisses, plus courtes, moins compliquées, très simples même dans la région buccale; on n'observe plus de formes à cloisons anastomosées comme dans *F. complicata*, *multiseptata* ou *globosa*. Telles sont *F. japonica* Gümb., *propinqua* Dep., *Richthofeni* Schw., *Mansuyi* Dep., *parumvoluta* Dep.

Ceci s'accentue encore dans les espèces du Permien moyen et supérieur où les poutrelles deviennent pédonculées, renflées en massue à la base, grosses et peu nombreuses entre les cloisons méridiennes, elles-mêmes courtes, simples et épaisses; le réseau alvéolaire et les cloisons prennent alors une allure lourde, épaisse, différant énormément de la délicate architecture des espèces ouraliennes. Je citerai : *F. crassiseptata* Dep., *granum-avenæ* Rœm., *subcylindrica* Dep., *ambigua* Dep., *crassa* Dep., *gigantea* Dep., *Margheritii* Dep., *exilis* Schw. Il en résulte qu'à la seule inspection générale d'une section, à l'allure du réseau des poutrelles et des cloisons, on est en mesure d'indiquer aussitôt si les espèces contenues dans un échantillon appartiennent au Carboniférien ou au Permien et cela avant d'établir un diagnose spécifique. Ceci est d'un grand intérêt pour la délimitation des terrains de ces époques, surtout dans les massifs calcaires. Les dimensions de la loge embryonnaire, la forme extérieure de la coquille, plus ou moins fusiforme, ne signifient rien.

III. *Neofusulinella.* — Chez *Neofusulinella* Dep., je n'ai rien d'intéressant à relever; j'en ai encore décrit trop peu d'espèces pour tirer des conclusions.

IV. *Schwagerina*. — Les Schwagérines, *sensu stricto*, sont trop peu nombreuses pour qu'on puisse observer une modification importante. Il en est de même des Verbeekines, qui, elles, sont essentiellement permiennes et, de ce fait, ont eu peu de temps pour se modifier.

V. *Doliolina*. — Chez *Doliolina*, j'observe dans le temps une sensible augmentation du nombre des côtes basales; les formes ouraliennes (*Dol. Aliciæ*, *D. Claudiæ*) sont moins riches en côtes que les espèces permiennes.

VI. Chez *Neoschwagerina*, la complication des cloisons méridiennes va en croissant de la fin de l'Ouralien où apparaît ce genre (*N. craticulifera*) jusqu'à la fin du Permien où se multiplient les fausses cloisons méridiennes et les fausses cloisons transverses (*N. Margaritæ*, *N. megasphærica*, *N. globosa*).

VII. *Yabeina* Dep., de la fin du Permien, nous montre une transformation du réseau alvéolaire des poutrelles fines de *Neoschwagerina* en groupes de poutrelles coalescentes à leur extrémité, ce qui donne une apparence de multiplication de fausses cloisons méridiennes transversales.

VIII. *Sumatrina* Volz est le dernier terme d'évolution des Néoschwagérinidés et n'existe qu'au Permien supérieur; les poutrelles fines du réseau alvéolaire n'existent plus et la lame spirale porte seulement sous sa face interne de grosses poutrelles (*S. Annæ*, *S. longissima*), dernière forme de coalescence des groupes de poutrelles déjà soudées à la base chez *Yabeina*.

Il résulte de tout cela qu'un phénomène de convergence intéressant se produit pendant le Permien : tandis que les rameaux *Neofusulinella*, *Schwagerina*, *Doliolina*, *Neoschwagerina*, *Yabeina*, *Sumatrina* apparaissent successivement, les derniers montrant une tendance de plus en plus grande à la réunion des poutrelles en groupes soudés pour aboutir aux grosses poutrelles de *Sumatrina*, pendant ce temps les poutrelles de *Fusulina* se réduisent en nombre, augmentent de grosseur, de telle sorte que les Fusulines permiennes offrent de grosses poutrelles en massue tout à fait analogues à celles de *Sumatrina*. Il faut sans doute voir là un phénomène de convergence amené sans doute par des modifications des conditions biologiques provoquant chez tous les Fusulinidés des perfectionnements dans le renforcement de l'architecture de la coquille. C'est la même cause qui a provoqué chez les Schwagérines l'apparition des côtes basales rudimentaires donnant les Verbeekines, mais sans résultat appréciable, ces formes s'étant peu différenciées spécifiquement, leur fragile édifice étant apte à se développer davantage.

Il reste également ce fait particulièrement intéressant, que la structure seule du réseau alvéolaire et des cloisons permet de séparer les formes

ouraliennes des formes permiennes chez beaucoup de genres et de déterminer ainsi au premier abord l'âge ouralien ou permien d'un calcaire à Fusulines.

SISMOLOGIE. — *Sur les macrosismes de l'Algarve (sud du Portugal), de* 1911 *à* 1914. Note [1] de M. **Pereira de Sousa.**

Après une étude des macrosismes du Portugal, depuis l'année 1911 jusqu'à la fin de 1914, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques observations sur ceux qui ont pris naissance dans la région sismique de l'Algarve.

L'un d'eux a eu son origine dans la partie occidentale de l'Algarve, entre Albufeira et le cap Saint-Vincent, et les autres dans la partie orientale, entre Albufeira et Vila Real de Santo Antonio.

Celui de l'Algarve occidental s'est produit le 4 mai 1913, s'est propagé surtout vers le Nord, de même que le mégasisme de 1755 [2]. Son effet maximum s'est fait sentir à Lagos [intensité (VI) de la dernière échelle de Mercalli]. Ailleurs on peut enregistrer : à Sines l'intensité (IV), à Grandola (IV), à Lisbonne (III), et jusqu'en Espagne, à Cartuja (Grenade) (I); mais aucune agitation de la mer n'a été constatée.

Les autres se sont manifestés le 12 août 1911, le 11 juillet 1912 et le 20 novembre 1914; ils se sont propagés surtout vers l'Est, car le plus étendu, celui du 11 juillet, qui, comme celui de l'Algarve occidental, a atteint le maximum d'intensité (VI), a été ressenti jusqu'à Séville avec l'intensité (V?), tandis qu'à Lisbonne il a été à peine enregistré par le sismographe de l'Université (I).

Tous les macrosismes de l'Algarve oriental sont comparables par leurs effets, mais ils diffèrent par leur extension. Celui du 12 août 1911 a atteint le maximum d'intensité (VI), à Albufeira, Estoy, Vila Real de Santo Antonio; le macrosisme du 11 juillet 1912 a eu dans ces villes la même intensité, de même qu'à Huelva, en Espagne; enfin pour celui du 20 novembre 1914, l'intensité (VI) a été constatée seulement à Albufeira et à Estoy.

Je pense que la ligne Albufeira-Estoy-Vila Real de Santo Antonio-

(1) Séance du 14 juin 1915.

(2) F. L. Pereira de Sousa, *Ideia geral dos effeitos do megasismo de 1755 em Portugal*, Lisboa, 1914.

Huelva, qui est dirigée parallèlement à la côte, est une ligne sismotectonique. Elle suit, en partie, à peu près la limite entre les grands affleurements du Lusitanien et du Néojurassique de l'Algarve oriental, passant ensuite à des régions où l'on observe de grandes dislocations comme la faille d'Albufeira, qui fait affleurer le Trias et le Lias au milieu des terrains plus récents. Elle intéresse également la Serra du Guilhim qui, selon M. Paul Choffat (¹), « est formée par une voûte rompue et présente probablement quelques complications de failles »; la Serra de Sao Miguel qui offre un important affleurement de basalte; enfin la région de Castro Marin où le Culm semble être en contact par faille avec le Trias et où l'on voit un affleurement d'ophite.

J'ai déjà fait ressortir l'importance de cette ligne sismo-tectonique dans le mégasisme de 1755 et l'on peut aussi la reconnaître dans le mégasisme du Ribatejo du 23 avril 1909 (²). Il me semble qu'elle est la continuation de la dislocation du Guadalquivir, si toutefois cette vallée est jalonnée par une faille, ce qui paraît douteux aujourd'hui (³).

L'origine de ces macrosismes, d'après la disposition des isosistes et l'absence d'épicentre ou de zone épicentrale, semble devoir être attribuée aux mouvements épirogéniques qui se sont fait nettement sentir dans l'Algarve.

Sur le littoral de l'Algarve occidental on observe, dans plusieurs localités, des traces d'anciennes constructions détruites par un raz de marée (⁴) : on constate encore ces effets à la place du Murtinhal, située près de Sagres, à la plage de Senhora da Luz près de Lagos et à Lagos même, etc. De même, dans le mégasisme du 1er novembre 1755, un recul de la mer a mis à découvert une grande partie de sa profondeur et a permis l'observation d'un grand nombre de constructions détruites, représentant les débris d'un grand village dont la tradition même n'a laissé aucun souvenir (⁵).

(¹) Paul Choffat, *Recherches sur les terrains secondaires au sud du Sado* (*Com. d C. dos T. Geol.*, t. 1, p. 244).

(²) Paul Choffat et Alfredo Bensaude, *Études sur le séisme du Ribatejo*, du 23 avril 1909.

(³) Jean Groth, *Sur la bordure méridionale de la Meseta ibérique* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1794).

(⁴) S. P. M. Estacio da Veiga, *Antiguidades monumentaes do Algarve*, 1887, p. 547.

(⁵) Joao Baptista da Silva Lopes, *Corografia ou memoria economica estadistica e topographica*, 1841, p. 222; *do Reyno do Algarve*, 1841, p. 222.

Dans la partie orientale de l'Algarve s'est formé, à partir du cap de Santa Maria, une grande pointe divisée en plusieurs îles par d'étroits canaux qui forment les embouchures des fleuves, de sorte que les dépôts de sables maritimes et d'alluvions masquent les effets de l'invasion maritime. Cependant, joint à Olhão, les anciennes forteresses d'Armona et de São Lourenço ont été envahies par la mer et, plus à l'Est, près de la Vila Real de Santo Antonio, il n'existe plus rien de l'ancien village de pêcheurs de Santo Antonio de Arenilha.

Conclusions. — Tandis que les macrosismes de l'Algarve occidental se sont propagés surtout vers le Nord, ceux de l'Algarve oriental se sont étendus vers l'Est, dans la région du Guadalquivir.

Les macrosismes qui se sont produits dans l'Algarve oriental, depuis l'année 1911 jusqu'à la fin de 1914, semblent être d'origine épirogénique; et le maximum d'intensité s'est manifesté le long de la ligne sismo-tectonique Albufeira-Estoy-Vila Real de Santo Antonio-Huelva, dont la direction se trouve jalonner le prolongement de la prétendue faille du Guadalquivir.

SISMOLOGIE. — *Sur le tremblement de terre du 18 février 1911.* Note de M. **B. Galitzine**, présentée par M. Bigourdan.

Le 18 février 1911 a eu lieu au Pamir un assez violent tremblement de terre, qui fut enregistré par différentes stations sismologiques.

Les sismogrammes obtenus n'offraient rien de particulier, et comme depuis lors plus de quatre années se sont écoulées, certainement ce sisme aurait été complètement oublié, s'il n'avait pas été reconnu plus tard qu'au même jour et à la même heure il s'était produit à Sarez, au Pamir, un immense éboulement de montagne qui combla en partie la vallée du fleuve Mourgab et la transforma en un lac.

Deux ans plus tard, M. Spilko, lieutenant-colonel d'état-major russe, a visité Sarez et y a étudié en détail cet éboulement remarquable, dont il a dressé une carte détaillée. Il a, en effet, constaté que le 18 février 1911, à 11^h15^m du soir, un fort tremblement de terre de degré VIII a eu lieu à Sarez, faisant dans le district d'Oroshor 180 victimes.

Comme coordonnées de l'éboulement, M. Spilko donne :

$$\varphi = 38^\circ 16' \text{N},$$
$$\lambda = 72^\circ 34' \text{E de Greenwich};$$

le point se trouve à 3800^{km} de distance de la station sismique de Pulkovo.

Les sismogrammes de Pulkovo donnent pour le début de la première phase de ce tremblement de terre

$$P = 18^h 47^m 45^s \text{ temps moyen de Greenwich.}$$

En retranchant le temps de parcours correspondant pour les ondes sismiques longitudinales, à savoir $7^m 2^s$, on trouve, pour le moment du déclanchement du sisme à l'épicentre même,

$$t = 23^h 17^m 55^s \text{ temps moyen de l'Observatoire de Taskent,}$$

ce qui correspond entièrement au temps indiqué par M. Spilko.

Comparons maintenant les distances Δ du lieu de l'éboulement à différentes stations sismiques avec les distances épicentrales Δ', déduites d'après la différence des moments d'arrivée des premières ondes transversales et longitudinales (S — P).

Stations.	Δ.	Δ'.	Δ — Δ'.
Taskent	440 km	480 km	— 40 km
Baku	1960	1910	+ 50
Tiflis	2390	2430	— 40
Pulkovo	3800	3690	+110

L'accord entre les Δ et Δ' peut être considéré comme des plus satisfaisants.

Il est donc hors de doute que le lieu de l'éboulement se confond avec l'épicentre même.

La carte dressée par M. Spilko a permis à M. Weber, géologue attaché au Comité géologique russe, de déterminer la valeur approchée de la masse M de la montagne écroulée, ainsi que l'abaissement H de son centre de gravité. Il ne s'agit certes pas ici de mesures exactes, mais seulement de fixer approximativement l'ordre de grandeur de ces quantités.

M. Weber a trouvé pour M une quantité énorme, à savoir de 7 à 10 milliards de tonnes. Les limites pour H seraient de 300^m à 600^m.

Ces données nous mettent en état de déterminer deux limites pour l'énergie totale E, dégagée par l'éboulement de la montagne en question.

En désignant par g l'accélération de la pesanteur, nous avons

$$E = MgH. \tag{1}$$

En introduisant dans cette formule les valeurs précédentes et en expri-

mant le résultat en unités absolues C. G. S., on trouve les deux valeurs-limites suivantes pour E :

$$E_{min.} = 2,1 . 10^{23} \text{ ergs},$$
$$E_{max.} = 6,0 . 10^{23} \text{ ergs}.$$

C'est une quantité véritablement énorme.

On peut maintenant se poser la question suivante : L'éboulement de Sarez fut-il la conséquence ou la cause du tremblement de terre enregistré à tant de stations sismiques éloignées ?

Pour répondre à cette question, tâchons d'évaluer l'énergie dégagée à l'épicentre d'après les données de la station sismique de Pulkovo, qui était déjà à cette époque dotée de sismographes apériodiques très sensibles à enregistrement galvanométrique.

L'énergie E, libérée à l'épicentre, se propage vers l'intérieur et le long de la surface de la Terre. Or, l'analyse des sismogrammes obtenus à des stations éloignées montre que l'énergie sismique se concentre presque exclusivement dans la phase principale des sismogrammes, c'est-à-dire qu'elle est transportée par les ondes superficielles ou longues.

En tenant compte de l'amortissement du mouvement sismique, nous obtiendrons pour l'énergie totale E_1 traversant l'unité de surface à une distance épicentrale Δ pendant toute la durée du mouvement appréciable du sol l'expression suivante :

$$(2) \qquad E_1 = \frac{E}{2\pi\Delta^2} e^{-k\Delta},$$

où k est le coefficient d'amortissement de l'énergie sismique.

En désignant par e la quantité d'énergie qui traverse l'unité de surface à la station d'observation pendant l'unité de temps, par V la vitesse de propagation des ondes longues, par ρ la densité des couches superficielles de l'écorce terrestre et par v_m^2 la moyenne des carrés de la vitesse d'une particule du sol pendant une période complète d'oscillation, nous aurons

$$(3) \qquad e = \frac{1}{2} V \rho v_m^2.$$

Soient maintenant a l'amplitude du mouvement d'une particule du sol (le vecteur total) et T la période de l'onde sismique correspondante; alors nous pouvons poser

$$(4) \qquad v_m^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{2\pi a}{T}\right)^2,$$

a et T sont en général variables; mais, pour une certaine durée de temps t, nous pouvons prendre des valeurs moyennes, que nous considérerons comme constantes.

Alors, d'après les formules (3) et (4), nous pouvons écrire

$$E_1 = \pi^2 V_\rho \sum \left(\frac{a}{T}\right)^2 t. \qquad (5)$$

La sommation Σ doit être étendue à toute la phase principale.

Désignons les trois composantes du mouvement vrai du sol par x_N, x_E, x_Z; alors il s'ensuit

$$a = \sqrt{x_N^2 + x_E^2 + x_Z^2}.$$

Une analyse détaillée des sismogrammes pourrait certainement nous donner la valeur de a, mais pour le but que nous avons en vue on peut se contenter d'un procédé plus simple.

Comme le plan d'oscillation d'une particule du sol change constamment de direction, on peut poser en moyenne $x_N^2 = x_E^2$. En outre, la théorie des ondes sismiques superficielles donnée par Lord Rayleigh et H. Lamb montre que la composante verticale du mouvement du sol doit être dans un rapport constant avec la composante horizontale correspondante. Ce rapport devrait être d'après la théorie égal à 1,47, mais les observations de Pulkovo [1] montrent qu'il est sensiblement inférieur; on peut le prendre égal à 1,2.

On en déduit alors facilement la relation suivante :

$$a^2 = 4,88 x_N^2,$$

et en combinant les équations (2) et (5), on trouve définitivement pour l'énergie totale dégagée à l'épicentre

$$E = 9,76 \pi^3 \Delta^2 e^{k\Delta} V_\rho \sum \left(\frac{x_N}{T}\right)^2 t. \qquad (6)$$

Le dépouillement du sismogramme de Pulkovo de ce sisme a fourni les valeurs *moyennes* suivantes de x_N et T pour différents intervalles de temps t :

x_N.	T.	t.
μ	s	minutes
225	15	14
60	12	16
25	13	30
10	15	25

Cela nous donne

$$\sum \left(\frac{x_N}{T}\right)^2 t = 0,00221 \text{ C. G. S.}$$

---

(1) Voir mon article à ce sujet dans le *Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de Petrograd*, 1911, p. 983.

On a en outre

$$\rho = 2,8, \qquad V = 3,5\,\frac{\text{km}}{\text{sec}} \qquad \text{et} \qquad \Delta = 3800^{\text{km}}.$$

Quant à la valeur de k, on peut, d'après les observations de Pulkovo, la poser pour les tremblements de terre venant du Pamir égale à 0,0004, si Δ est exprimé en kilomètres.

En introduisant ces valeurs dans la formule (6) et exprimant le résultat en unités absolues, on trouve définitivement

$$E = 4,3.10^{23}\ \text{C. G. S.}$$

En comparant cette valeur de E, déduite des observations faites à Pulkovo, avec les deux valeurs-limites de E données plus haut, à savoir

$$E = (2,1 - 6,0).10^{23}\ \text{C. G. S.},$$

nous voyons que ces deux quantités sont absolument du même ordre de grandeur et même assez rapprochées numériquement.

Ce résultat inattendu nous amène donc à la conclusion suivante :

Quelle que soit la cause qui a produit originellement l'éboulement de Sarez, nous avons le droit d'affirmer, avec beaucoup de vraisemblance, que cet éboulement ne fut pas la conséquence, mais la *cause* du sisme du 18 février 1911 enregistré à maintes stations sismiques éloignées.

Ce sisme nous présente un cas excessivement intéressant et à ma connaissance jusqu'à présent unique, où nous possédons directement la valeur de l'énergie dégagée à l'épicentre, qui en outre se confond ici avec l'hypocentre même.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Dosage de l'acidité urinaire.* Note (¹) de M. J. **Clarens**, transmise par M. Paul Sabatier.

La méthode généralement employée consiste à évaluer la quantité de potasse ou de soude décinormale nécessaire pour faire virer au rose un certain volume d'urine additionnée de phtaléine.

Comme on va le voir, cette technique, en bien des cas, peut conduire à des résultats erronés.

Le facteur principal de la réaction du sang est le carbonate de sodium

(¹) Séance du 7 juin 1915.

avec, comme antagonistes, des acides ou des sels acides dont les principaux sont les phosphates alcalins monométalliques du type PO^4MH^2.

Le rein est l'organe régulateur de l'alcalinité du sang : si elle s'exagère, il en résultera une élimination plus grande de carbonate de sodium dans l'urine ; dans le cas contraire, cette dernière deviendra plus riche en acides ou sels acides. Les variations de la réaction urinaire résulteront ainsi des perturbations apportées à la réaction du sang.

On peut réaliser des liquides présentant très approximativement les particularités des urines, au point de vue acidimétrique, par des mélanges convenables de solutions de carbonate de sodium et d'un phosphate alcalin acide.

Il est facile de prévoir et de vérifier expérimentalement comment se comportent de pareils mélanges, la phtaléine servant de réatif indicateur.

On comprend très bien que, dans ces conditions, le clinicien le plus subtil ait quelque peine à tirer des renseignements utiles d'une détermination dont les résultats dépendent de la hauteur de chute de l'urine dans le récipient qui la reçoit, ou du mode de transport de l'échantillon envoyé au laboratoire.

De tout ce qui précède on déduira une technique qui, sans grande complication, permet d'éviter les difficultés signalées :

« A un volume déterminé d'urine on ajoute un volume connu de liqueur $\frac{N}{10}$ d'acide chlorhydrique. On porte à l'ébullition pour chasser le gaz carbonique et aussitôt on refroidit rapidement. On titre alors à la phtaléine à l'aide d'une liqueur $\frac{N}{10}$ de potasse ou de soude non carbonatée. Du nombre de centimètres cubes lu sur la burette on retranche le nombre de centimètres cubes d'acide chlorhydrique employés : si le résultat est positif, la liqueur est acide. Dans le cas contraire, elle est alcaline. »

On obtient ainsi des résultats définis, ne dépendant que de la composition de l'échantillon étudié, qui, en bien des cas, différeront énormément de ceux obtenus par le mode opératoire habituel conduisant à admettre une acidité notable pour beaucoup d'urines alcalines, parfois même très alcalines.

En opérant comme je l'indique on donne au carbonate de soude et au bicarbonate la même signification. Ils interviennent dans la saturation de l'acide comme interviendrait une quantité équivalente de soude.

Si l'on se place au point de vue physiologique, cette assimilation des

deux sels me semble on ne peut plus raisonnable, puisque, pour l'alcalinité du sang, on doit leur accorder la même valeur, la transformation de l'un en l'autre s'effectuant du fait de la fonction pulmonaire.

Que le rein élimine du carbonate ou du bicarbonate, le résultat pour le sang est le même; son alcalinité diminue. Leur signification dans l'urine doit donc être la même.

Dans l'exécution du mode opératoire, on tiendra compte des remarques suivantes :

L'ébullition avec le liquide acide ne doit pas être prolongée, sans quoi elle aboutit à une diminution d'acidité de la liqueur, soit par évaporation d'acides volatils, soit par transformation d'urée en carbonate d'ammoniaque.

Le titrage par la liqueur alcaline doit toujours se faire à froid, l'hydrolyse des sels ammoniacaux que renferme l'urine s'exagérant à chaud, ce qui diminue la sensibilité du virage à la phtaléine. On augmentera cette sensibilité dans une certaine mesure, en employant une quantité notable de réactif indicateur.

Il arrive parfois aussi que l'ébullition, avec la liqueur acide, donne à l'urine une coloration rose assez gênante pour la perception du virage à la phtaléine. On y remédie en diluant suffisamment le liquide avec de l'eau distillée récemment bouillie, toujours pour éviter l'influence perturbatrice du gaz carbonique.

Le bicarbonate de sodium et le phosphate bisodique peuvent être considérés, dans une première approximation, comme à peu près neutres à la phtaléine; le carbonate est franchement alcalin.

Nous obtiendrons donc des mélanges alcalins à la phtaléine tant que la proportion de phosphate acide dans le mélange sera insuffisante pour la transformation de tout le carbonate en bicarbonate suivant la formule

$$(1) \qquad CO^3Na^2 + PO^4NaH^2 = CO^3NaH + PO^4Na^2H.$$

Dès que nous aurons dépassé cette proportion, le bicarbonate à son tour sera décomposé :

$$(2) \qquad PO^4NaH^2 + CO^3NaH = PO^4Na^2H + CO^3H^2.$$

Comme nous l'avons dit, le phosphate bisodique est sensiblement neutre à la phtaléine; d'autre part, l'acide carbonique est très facilement dissociable en gaz carbonique volatil. Nous obtiendrons donc alors des mélanges dont le titre acidimétrique variera suivant qu'ils auront été agités

ou non, l'agitation facilitant le départ du gaz carbonique. Si l'agitation a été suffisamment prolongée, la presque totalité du gaz carbonique sera expulsée et l'acidité des mélanges sera sensiblement indépendante de la quantité de phosphate acide entrant dans leur composition.

Il en sera ainsi jusqu'à ce que la proportion de carbonate de sodium et de phosphate acide mélangés corresponde à la formule (2).

A ce moment, l'addition de nouvelles quantités de phosphate acide se traduit par une augmentation du titre acidimétrique. Il subsiste toujours la perturbation apportée par la présence du gaz carbonique en solution sursaturée, si le liquide n'a pas été longuement agité, mais son importance relative est d'autant plus faible que l'excès de phosphate acide est plus grand, et d'ailleurs l'élimination spontanée du gaz carbonique, du fait des manipulations subies par l'échantillon, est d'autant plus facile que l'acidité de la liqueur est plus grande.

Ces particularités se retrouvent dans toutes les urines et elles sont particulièrement marquées dans celles qui correspondent aux mélanges de carbonate et de phosphate acide faits dans des proportions intermédiaires à celles qui sont exprimées par les formules (1) et (2). Ces urines sont nettement acides. Mais l'addition de quelques gouttes d'acide fort produit un abondant dégagement de gaz carbonique.

Leur acidité évaluée par la technique habituelle est souvent notable. Mais si l'on procède à des titrages successifs sur le même échantillon, après agitation de plus en plus longue, on trouve des résultats constamment décroissants.

PHARMACODYNAMIE. — *Mode d'action de l'or colloïdal : production des effets cardiaques par les particules de métal non dissoutes.* Note (¹) de **H. Busquet**, présentée par M. Ch. Richet.

C'est une opinion généralement admise que les substances chimiques doivent être *dissoutes* pour produire un effet physiologique. Toutefois, les réactions observées après l'injection des métaux colloïdaux posent la question de savoir si, dans certaines conditions, la matière ne peut pas agir sans dissolution préalable (²). L'or colloïdal, considéré dans ses effets

(¹) Séance du 14 juin 1915.

(²) On sait depuis longtemps que les métaux colloïdaux, comme beaucoup de

sur le cœur de chien *in vivo*, convient tout particulièrement à la solution de ce problème.

J'ai récemment signalé (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 404) qu'une préparation d'or colloïdal [1], renfermant $0^g,01$ de métal par centimètre cube, produit en injection intraveineuse, à la dose de $0^g,005$ par kilogramme d'animal, un ralentissement cardiaque *immédiat* avec augmentation considérable de l'amplitude des systoles. Diverses raisons, d'ordre chimique et d'ordre pharmacodynamique, tendent à faire admettre que cet effet résulte, non d'une dissolution partielle du métal, mais d'une action physique spéciale exercée par les particules colloïdales.

1° La recherche chimique de l'or dans le sérum fourni par du sang recueilli 1 heure après l'injection d'or colloïdal ne permet pas de retrouver le métal.

2° En étudiant l'excrétion de l'or colloïdal, je n'ai pu déceler le métal ni dans les urines ni dans les matières fécales émises pendant les 48 heures qui ont suivi l'injection intraveineuse d'une dose de $0^g,02$ par kilogramme d'animal. L'impossibilité de découvrir l'or dans ces *excreta* est en faveur d'une dissolution nulle ou extrêmement lente du métal dans le liquide circulant ou dans les protoplasmas.

La recherche de l'or dans le sérum, l'urine et les fèces a été faite en double : un essai a porté sur une moitié de la substance à analyser et un essai témoin sur l'autre moitié de la même matière additionnée, avant tout traitement, de 2^{mg} d'or sous forme de chlorure d'or. La méthode employée, la même dans tous les cas, a été la suivante : on évapore la substance (sérum, urine, fèces), on calcine de manière à détruire la matière organique et l'on traite le résidu par l'eau régale au bain-marie bouillant. Lorsque le dégagement des vapeurs nitreuses cesse, on concentre fortement le liquide à feu nu, on l'additionne à deux reprises d'acide chlorhydrique concentré et l'on évapore après chaque addition, de manière à éliminer l'excès d'acide nitrique. On reprend ensuite les chlorures par une petite quantité d'eau et l'on filtre. La solution filtrée contient les chlorures alcalins, alcalino-terreux et, éventuellement, le chlorure d'or, de fer et l'alumine. On ajoute à la solution un excès de potasse. Le fer qui

---

substances inertes, se trouvent à l'état d'enclave dans certains éléments cellulaires. Mais cette constatation ne résout pas le problème posé dans cette Note; il s'agit de savoir si ces agrégats sont la cause directe de la réaction biologique ou si, au contraire, cette dernière doit être attribuée à une partie du métal qui se serait dissoute.

(1) J'ai utilisé un or colloïdal *bleu*, obtenu par pulvérisation mécanique extrêmement fine de l'oxyde d'or; le métal se trouve en suspension dans un excipient légèrement visqueux, inactif par lui-même au point de vue de l'action cardiaque envisagée dans cette Note.

pourrait gêner dans la suite la recherche de l'or se précipite, tandis que l'or passe en solution à l'état d'aurate de potasse. On filtre et l'on caractérise l'or dans la solution filtrée. Pour cela, on l'additionne d'eau oxygénée et l'on chauffe légèrement. En présence d'une quantité même très faible d'or, on perçoit nettement une coloration rougeâtre due à l'or métallique qui précipite à l'état très divisé. Cette réaction a été négative dans tous les essais directs et positive dans les essais de contrôle, c'est-à-dire si la substance a été additionnée préalablement de 2^{mg} d'or.

3° L'or dissous sous forme de chlorure d'or tue immédiatement le chien et le lapin, à la dose de $0^g,005$ par kilogramme d'animal, administrée par voie intraveineuse. A cette même dose, et même à dose 2 fois plus forte, l'or colloïdal n'a aucune action toxique.

Cette expérience est, comme les précédentes, en faveur d'une dissolution nulle ou extrêmement lente de l'or colloïdal dans le sang ou les cellules. Il y a donc tout lieu de supposer que la réaction cardiaque produite par l'or colloïdal n'est pas due à une dissolution partielle du métal, puisque la réaction cardiaque est *immédiate*, tandis que la dissolution de l'or, si elle existe, est extrêmement lente.

4° Toutefois on pourrait prétendre qu'une très faible quantité d'or, inférieure à la limite de sensibilité de notre méthode de recherche chimique, est entrée en dissolution et que cette quantité de métal dissous suffit à provoquer les phénomènes cardiaques précités. S'il en était ainsi, on devrait pouvoir produire ces mêmes phénomènes en injectant au chien une dose du même ordre de grandeur sous forme de chlorure d'or. J'ai donc expérimenté de très faibles doses d'or dissous, variant entre $0^g,000001$ et $0^g,002$ par kilogramme d'animal. Dans aucun cas, je n'ai observé la réaction cardiaque signalée plus haut. C'est là une expérience décisive prouvant que l'effet cardiotonique consécutif à l'injection d'or colloïdal n'est pas dû à une dissolution partielle du métal.

Résumé expérimental et conclusion. — L'or colloïdal, injecté à forte dose au chien ou au lapin, ne se retrouve en proportions notables ni dans le sérum, ni dans l'urine, ni dans les matières fécales; en outre, alors que l'or dissous est immédiatement toxique à la dose de $0^g,005$ par kilogramme d'animal, l'or colloïdal n'exerce à cette dose aucune action nocive. Ces faits permettent de penser que l'or colloïdal ne se dissout pas ou se dissout très lentement dans le sang. On ne peut donc pas rapporter à une dissolution partielle du métal la réaction cardiotonique immédiate provoquée par l'or colloïdal chez le chien. D'ailleurs, la preuve certaine que cette réaction n'est pas due à une dissolution partielle du métal est tirée de ce fait que de

faibles doses d'or dissous ne produisent aucun effet cardiaque. L'or colloïdal agit donc sur le cœur en demeurant à l'état de particules non dissoutes : c'est là un exemple net d'action pharmacodynamique s'exerçant sans dissolution de la matière agissante.

MICROBIOLOGIE. — *De la stérilisation des cultures ou des émulsions microbiennes par la chaleur, sous couche mince.* Note de M. **H. Stassano**, présentée par M. Roux.

Lorsqu'on stérilise par la chaleur une culture en bouillon ou une émulsion microbienne dans de l'eau physiologique, dès que le liquide atteint, au contact de la surface chauffée, la température mortelle pour les microbes qu'il renferme, un nombre assez important de ces derniers est tué. Ce nombre grandit au fur et à mesure que le chauffage se prolonge, jusqu'à ce que la masse tout entière du liquide ait gagné la température requise. A ce moment la stérilisation est achevée.

Pour parvenir à ce résultat, la durée du chauffage, à la température limite, varie en raison du volume du liquide sur lequel on opère et de la masse, autrement dit, du nombre des microbes qui y sont en suspension. Cependant, la durée de la stérilisation peut être sensiblement réduite si l'on a soin d'agiter le liquide. Un plus grand nombre de microbes que par le jeu normal des courants de convection sont ainsi portés au contact de la paroi chauffée. D'où la stérilisation plus rapide avec un plus prompt équilibre thermique.

On peut parvenir beaucoup mieux à ce même résultat, d'une façon infiniment plus rapide et autrement plus régulière pour chaque microbe, en faisant circuler le liquide à stériliser entre deux surfaces parallèles chauffées convenablement et séparées entre elles par l'intervalle le plus restreint qu'il soit possible de réaliser. Dans l'appareil que j'ai construit dans ce but, la culture ou l'émulsion microbienne traverse, sous la pression continue et régulière d'un gaz inerte, l'azote, une cuve rectangulaire extrêmement aplatie. Cette cuve est formée par deux épaisses et larges plaques de bronze, absolument planes et parfaitement superposables. Un cadre, retaillé dans une feuille de papier japon de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur, tient les deux plaques uniformément écartées l'une de l'autre, et limite, dans son périmètre intérieur, les quatre côtés de la dite cuve. De nombreuses vis en assurent l'étanchéité en serrant fortement tout autour le

mince cadre de papier entre les deux plaques. On a ainsi un véritable bloc qu'on chauffe dans un bain-marie, à la température demandée.

Par deux rangées de petits trous, percés sur l'une des deux plaques, une rangée à une extrémité et l'autre rangée à l'autre extrémité de la cuve, dans le sens de la longueur, on établit la circulation du liquide à stériliser.

Ce procédé de stérilisation présente nombre d'avantages, les principaux sont :

I. Il permet de déterminer, avec beaucoup plus de précision que par les procédés employés jusqu'ici (récipients de différentes formes et capacités, tubes capillaires), les limites de résistance à la chaleur des différentes espèces de microbes. J'en retiens, comme preuve, le fait qu'en essayant un petit appareil construit d'après le principe ci-dessus, j'ai été mis à même de constater l'existence, dans une même culture, de microbes assez différents les uns des autres à l'égard précisément de la résistance à la chaleur.

Voici des exemples : une émulsion de colibacilles, venant d'être préparée avec une culture sur gélose de 20 heures, était complètement stérilisée par la température de 58°. Cette même émulsion, 8 jours après, n'était même pas entièrement stérilisée à 61°.

Une émulsion de vibrions du choléra de 18 heures, en traversant rapidement, c'est-à-dire en $\frac{1}{3}$ de seconde environ, le petit appareil en question, perdait déjà plus de la moitié de ses vibrions à la température de 45°; il ne lui en restait plus que $\frac{1}{5}$ de vivants à la température de 50°, et quelques individus à peine à la température de 55°. Une goutte, en effet, de cette émulsion, diluée 20000 fois, qui, lorsque l'émulsion n'avait pas encore été chauffée, donnait 2342 colonies, n'en donnait plus, après cette dernière épreuve (55°), que 12. Pourtant, pour la rendre absolument stérile, d'après le contrôle rigoureux de très abondants ensemencements en bouillon, il fallait arriver à 58°.

Cette même émulsion, n'étant pas chauffée, ne renfermait 8 jours après, par le seul fait du vieillissement, que le dixième d'éléments vivants, tous transformés en boules. Si on la soumettait à ce moment dans les mêmes conditions (épaisseur de la couche, rapidité d'écoulement) à des températures allant de 45° à 58°, elle accusait une résistance plus grande que l'émulsion fraîche de 18 heures. Cette augmentation de la résistance atteignait le 30 pour 100, d'après la comparaison des plaques d'isolement, et se maintenait presque la même aux différents degrés de température.

Les éléments sphériques ou arthrospores de Hueppe sont donc sensible-

ment plus résistants que les formes à virgule du vibrion du choléra, ainsi que M. Violle et moi l'avons pu établir par le procédé dont il s'agit. Nicati et Riestch (1886) n'y avaient pas réussi par les procédés courants.

II. Par ce procédé on tue les microbes d'une façon uniforme en tant que durée du chauffage et degré de température, et l'on n'en altère pas sensiblement le pouvoir antigène, immunisant. Alors que dans toutes les bouillies de microbes tués par la chaleur, destinées à la préparation des vaccins chauffés (antityphoïdique, anticholérique, etc.), à côté de très nombreux microbes (la grande majorité) tués depuis le début de la stérilisation et qui finissent par être archicuits étant sans cesse amenés contre la paroi chauffée par les remous, on trouve, au contraire, une petite fraction qui viennent à peine, au bout de 1 à 2 heures de chauffage, d'être atteints par la température limite. Le pouvoir antigène de ces différents microbes doit varier, par conséquent, considérablement des uns aux autres, et ne peut qu'être très amoindri chez les microbes surchauffés.

Effectivement, les émulsions de bacilles typhiques et cholériques stérilisées pendant 1 heure à 2 heures, comme c'est indispensable dans ce genre de préparations, et même les émulsions chauffées seulement à 56° ont perdu une grande partie de leur agglutinabilité vis-à-vis des sérums spécifiques et de leur toxicité sur les animaux. Au contraire, les émulsions stérilisées par le procédé de la couche mince, ainsi que j'ai pu m'en assurer, conservent intégralement l'agglutinabilité et la toxicité des émulsions vivantes.

Ce procédé, donc, appliqué à la fabrication des vaccins chauffés, pourra augmenter de beaucoup leur efficacité et supprimer, par contre, en grande partie, ce qui n'est pas non plus un avantage à dédaigner, les troubles locaux et généraux qu'ils engendrent, imputables simplement à l'opération du chauffage, comme les expériences de Castellani l'ont établi et prouvent indirectement les données statistiques recueillies par Fornet [1] concernant la pratique des vaccinations antityphoïdique et anticholérique, depuis la guerre anglo-boër jusqu'à ces derniers temps.

III. Ce procédé peut permettre, en outre, de stériliser ou de pasteuriser différents liquides organiques, le lait notamment, sans apporter d'appréciables modifications dans leurs constituants, dans leurs caractères. Même les oxydases du lait sont en bonne partie épargnées par ce procédé de stérilisation.

---

(1) *Deuts. Med. Woch.*, 27 août 1914.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la glucosidification de la glycérine par la glucosidose* β *(émulsine)*. Note (¹) de MM. **Ém. Bourquelot, M. Bridel** et **A. Aubry**, présentée par M. Jungfleisch.

La glycérine est un alcool trivalent qui possède deux fonctions alcooliques primaires et une fonction alcoolique secondaire. Elle peut donc, théoriquement, donner naissance, avec un même glucose, à 5 glucosides différents : 2 monoglucosides, 2 diglucosides et 1 triglucoside.

Aussi peut-on s'étonner que Van 't Hoff (²) et, après lui, Bayliss (³) qui ont fait quelques tentatives de glucosidification biochimique de la glycérine, n'aient point cherché si dans leurs opérations ils avaient obtenu un ou plusieurs de ces glucosides. Sans doute, étant donné que, dans leurs essais, le nombre de molécules de glycérine était toujours environ quatre fois plus fort que celui des molécules de glucose, il est peu probable que des polyglucosides aient pu prendre naissance, au moins en quantité notable; mais comme deux monoglucosides sont possibles, il est permis de croire qu'ils se sont formés tous les deux : celui qui répond à la glucosidification de la fonction alcoolique secondaire en moindre proportion que l'autre.

Les recherches que nous publions aujourd'hui, concernant la glucosidification de la glycérine par la glucosidase β (émulsine), nous paraissent venir à l'appui de cette manière de voir. Dans ces recherches, nos expériences diffèrent de celles des auteurs précités en ce sens que les proportions de glycérine et d'eau y sont plus grandes par rapport à celles de glucose, de façon à avoir un milieu moins favorable à la formation des polyglucosides et à réduire l'action synthétisante de la gentiobiase qui, comme l'on sait, accompagne la glucosidase β dans l'émulsine.

Glucosidification de la glycérine par la glucosidase β. — Deux mélanges ont été préparés qui avait la composition suivante :

Glucose........................	150^{g}	1^{mol}
Glycérine......................	800^{g}	10^{mol} environ
Eau quantité suffisante pour.....	1000^{cm^3} (264^{g})	17^{mol} »
Émulsine......................	5^{g}	

Ces mélanges, abandonnés à la température du laboratoire, ont été

(¹) Séance du 14 juin 1915.

(²) *Sitz. d. kön. preuss. Akad. d. Wissensch.*, t. 45, 10 novembre 1910, p. 963.

(³) *The Journ. of Physiol.*, t. 46, n° 3, 19 juin 1913, p. 236.

examinés au polarimètre de temps en temps. Voici les rotations observées au cours de la réaction. Rotation initiale pour $l=2$, en retranchant la rotation gauche apportée par l'émulsine : $+15°52'$.

	Premier mélange.	Deuxième mélange.
28 mars 1914..........	+15°52'	+15°52'
18 avril »	+12.40	
8 mai »	+ 9. 2	
31 juillet »	+ 2.40	
14 oct. »	+ 0.40	+ 0.32

Le 14 octobre on a ajouté de nouveau 5g d'émulsine à chaque mélange:

26 octobre 1914.........	— 0° 8'	— 0° 8'
3 janvier 1915.........	— 0°20'	— 0°20'

Il y avait eu, par conséquent, un mouvement à gauche de la rotation de 16°12'.

Les deux mélanges réunis ont été maintenus au bain-marie bouillant pendant une demi-heure. Après refroidissement, on a ajouté 3vol d'alcool à 91c, ce qui a provoqué la formation d'un précipité qu'on a éliminé par filtration. On a étendu le liquide filtré avec de l'eau de façon à faire 6l et l'on a ajouté 60g de levure haute afin de détruire le glucose non combiné. La fermentation a duré 3 jours. On a filtré, porté à l'ébullition, filtré de nouveau et distillé au bain-marie sous pression réduite pour enlever la totalité de l'eau.

Le liquide restant était jaunâtre et sirupeux; il pesait 1380g; il renfermait les glucosides et la glycérine restée libre. Pour enlever celle-ci, on l'a agité à froid avec de l'acétone purifié additionné de 10 pour 100 en volume d'alcool à 95c, mélange qui dissout la glycérine sans enlever de glucoside. On a répété l'opération 30 fois, en employant chaque fois 1l de dissolvant, lequel enlevait 30g à 40g de glycérine.

A ce moment, l'épuisement du produit devenant plus difficile par suite de son épaississement, on l'a dissous à froid dans 100cm³ d'alcool à 95c et précipité par 500cm³ d'acétone, opération qui a été répétée 3 fois. On a perdu ainsi un peu de glucoside, mais on a, par contre, enlevé la presque totalité de la glycérine. Finalement, on a repris le résidu de moins en moins soluble par 200cm³ d'alcool à 95c bouillant, et ajouté à la solution refroidie 200cm³ d'éther acétique, ce qui a fourni un précipité qui, après dessiccation dans le vide, constituait une masse sèche et dure.

Aucune des tentatives effectuées pour faire cristalliser ce produit n'ayant réussi, on s'est décidé à l'étudier après l'avoir encore purifié par dissolution dans l'alcool méthylique absolu et addition d'un peu d'éther pour précipiter certaines impuretés. L'évaporation de la solution éthéro-alcoolique a donné un extrait incolore, sec dont on a prélevé 12g environ pour en faire 240cm³ de solution aqueuse.

Cette solution accusait une rotation ($l=2$) de $-2°46'$. Comme, d'autre

part, 5^{cm^3} de la solution ont donné un résidu de $0^g,2538$, il s'ensuit que le pouvoir rotatoire du produit était de $-27°,25$. Soumis à l'hydrolyse sulfurique, ce produit a donné $1^g,741$ de glucose pour $2^g,538$, ce qui ne peut correspondre qu'à des monoglucosides ($2^g,538$ de monoglycérylglucoside doivent donner théoriquement $1^g,798$ de glucose).

Toute la question consistait alors à savoir si le produit était constitué par un ou plusieurs de ces composés. Nous avons pensé qu'une hydrolyse par l'émulsine, suivie avec attention, pourrait nous renseigner. On a mélangé 25^{cm^3} de la solution renfermant $5^g,076$ de produit pour 100^{cm^3} à 25^{cm^3} de solution d'émulsine, et l'on a abandonné le mélange à la température du laboratoire. Rotation initiale, déduction faite de la rotation apportée par l'émulsine : $-1°23'$ pour $l=2$. Voici les rotations observées ainsi que les quantités de glucose trouvées après :

	2 heures.	7 heures.	32 heures.	8 jours.
Rotations............	$-28'$	$+38'$	$+1°28'$	$+1°50'$
Glucose pour 100^{cm^3}...	$0^g,599$	$1^g,122$	$1^g,565$	$1^g,700$

Avec ces données, et en admettant que le produit soit à l'état de monoglucoside, on trouve par le calcul que les portions hydrolysées en 2 heures, 7 heures, 32 heures et 8 jours avaient comme pouvoirs rotatoires respectifs : $-17°,05$; $-26°,46$; $-27°,32$; $-29°,83$.

Il n'est donc pas douteux que le produit obtenu par synthèse biochimique renferme au moins deux glucosides, différant par leur pouvoir rotatoire et par leur résistance à l'action de l'émulsine. C'est ce qu'a démontré encore une hydrolyse sulfurique, effectuée dans le même but que la précédente, et que le défaut d'espace ne nous permet pas de décrire ici.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUIN 1915.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation d'un décret, en date du 28 mai 1915, rapportant le décret, en date du 5 février 1910, qui approuvait l'élection, faite par l'Académie des Sciences, de M. von Baeyer, pour occuper l'une des places d'Associé étranger créées par le décret du 1er décembre 1909.

Il est donné lecture de ce décret.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE ET PHYSIQUE DU GLOBE. — *Inconvénients de la solution de Fourier en série trigonométrique, pour le calcul du refroidissement de la croûte terrestre, et poursuite de ce calcul par d'autres méthodes.* Note de M. **J. Boussinesq**.

I. A la fin de ma dernière Note sur l'intéressante question du refroidissement de la croûte terrestre [1], j'ai dit que nous manquions encore d'une solution de ce problème permettant de calculer avec une approximation suffisante la dernière phase du phénomène, celle où l'épaisseur E de la croûte semble devoir devenir à peu près proportionnelle à la racine carrée du temps t écoulé depuis l'origine du refroidissement.

Il y a bien, assurément, la solution ordinaire et exacte en série trigonométrique, qui est, par exemple, dans le cas simple d'un refroidissement

---

(1) Voir le *Compte rendu* précédent, p. 787.

par contact à la surface $x = 0$ du sol,

$$(1) \qquad u = u_0 \left(\frac{x}{E} + \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{1}{i} e^{-\frac{i^2\pi^2 a^2 t}{E^2}} \sin \frac{i\pi x}{E} \right),$$

et qui a été donnée par Fourier ([1]). Mais, pour les valeurs de $\pi a \sqrt{t}$ petites comparativement à E, *sa convergence est d'une désespérante lenteur*. La dérivée $\frac{du}{dx}$, particulièrement importante, y reçoit, en effet, si l'on pose

$$\frac{i\pi a\sqrt{t}}{E} = \alpha,$$

l'expression

$$(2) \qquad \frac{du}{dx} = \frac{u_0}{E} \left[1 + 2 \sum_{i=1}^{i=\infty} e^{-\alpha^2} \cos \left(\frac{x}{a\sqrt{t}} \alpha \right) \right];$$

et celle-ci, en observant que $\frac{\pi a \sqrt{t}}{E}$ est l'accroissement uniforme $\Delta\alpha$ éprouvé par le rapport α entre deux termes consécutifs de la série, ou que, par suite,

$$\frac{1}{E} = \frac{\Delta\alpha}{\pi a \sqrt{t}},$$

devient

$$(3) \qquad \frac{du}{dx} = \frac{u_0}{\pi a \sqrt{t}} \left[\Delta\alpha + 2 \sum_{\alpha=\Delta\alpha}^{\alpha=\infty} e^{-\alpha^2} \cos \left(\frac{x}{a\sqrt{t}} \alpha \right) \Delta\alpha \right].$$

Or, quand $\Delta\alpha$ se rapetisse, la série *se pulvérise* (pour ainsi dire) à l'infini; ce qui fait évanouir sa convergence, *entendue au sens ordinaire*. Car *ses termes sont tous infiniment petits* à la limite $E = \infty$, $\Delta\alpha = 0$, où ils constituent les éléments mêmes de l'intégrale

$$(4) \qquad \int_0^\infty e^{-\alpha^2} \cos \left(\frac{x}{a\sqrt{t}} \alpha \right) d\alpha,$$

éléments se suivant par groupes en nombre indéfini alternativement positifs et négatifs, à sommes partielles sensibles qui décroissent d'un groupe à l'autre, jusqu'à la limite finale zéro.

([1]) Voir la formule (1) du *Mémoire sur la théorie analytique de la chaleur*, inséré dans le Tome VIII (1829) des *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de l'Institut de France*, p. 581 à 622.

Mais c'est justement alors que, *grâce à la continuité de variation acquise par la succession des termes de la série*, leur somme totale est évaluable et admet, comme on sait, la forme finie $\frac{\sqrt{\pi}}{2}e^{-\frac{x^2}{4a^2t}}$. Il vient donc bien

$$\frac{du}{dx}=\frac{u_0}{a\sqrt{\pi t}}e^{-\frac{x^2}{4a^2t}}, \tag{5}$$

conformément à ce que donne, dans l'hypothèse de E infini, la formule (12) de ma dernière Note.

II. A défaut d'un emploi effectif de nos intégrales approchées asymptotiques, telles que la formule (12) de cette Note, dans le calcul des épaisseurs croissantes E, calcul rendu impossible par les trop fortes valeurs *physiques* du rapport $\frac{L}{Cu_0}$, ou par les valeurs ω_0 trop petites de la racine ω correspondante de l'équation (13) de la même Note, qui est

$$\frac{e^{-\omega^2}}{\omega\sqrt{\pi}}=\frac{L}{Cu_0}, \tag{6}$$

faisons-en, du moins, une application théorique, en imaginant une croûte à très faible chaleur latente L de fusion, pour laquelle cette racine ω_0 excéderait 2 ou 3 et laisserait dès lors à nos formules, même pour $x=E$ et durant un long avenir, une approximation suffisante.

Supposons d'ailleurs pour un instant que, grâce à des actions chimiques appropriées, mais temporaires, dans la masse fondue sous-jacente qui supporte la croûte, l'épaisseur donnée E de celle-ci se maintienne constante jusqu'à un certain moment, où nous admettrons que le quotient décroissant $\frac{E}{2a\sqrt{t}}=\omega$ ait une valeur $\omega_0(1+\varepsilon)$, voisine de ω_0, c'est-à-dire excédant celle-ci dans un très petit rapport ε (positif ou négatif). Continuons à poser, après ce moment où est épuisée l'action chimique,

$$\frac{E}{2a\sqrt{t}}=\omega_0(1+\varepsilon) \qquad \text{ou} \qquad E=2a\omega_0\sqrt{t}(1+\varepsilon),$$

en faisant désormais ε fonction de t. Nous aurons, pour déterminer la suite de ses valeurs, l'égalité continue de la chaleur latente sans cesse émise,

$$L\frac{dE}{dt} \qquad \text{ou} \qquad L\left[2a\omega_0\sqrt{t}\frac{d\varepsilon}{dt}+\frac{a\omega_0}{\sqrt{t}}(1+\varepsilon)\right],$$

au flux de chaleur ascendant

$$C\frac{au_0}{\sqrt{\pi t}}e^{-\omega_0^2(1+\varepsilon)^2} = (\text{sensiblement})\, C\frac{au_0}{\sqrt{\pi t}}e^{-\omega_0^2}(1-2\omega_0^2\,\varepsilon).$$

D'où il résulte, en divisant par $2\mathrm{L}\,a\,\omega_0\sqrt{t}$ et vu que ω_0 est la racine de (6), l'équation différentielle

$$(7)\qquad \frac{d\varepsilon}{dt}+\left(\omega_0^2+\frac{1}{2}\right)\frac{\varepsilon}{t}=0.$$

Son intégrale est

$$(8)\qquad \varepsilon\, t^{\omega_0^2+\frac{1}{2}} = \text{const.}$$

L'écart relatif ε existant entre ω et ω_0 tend donc rapidement vers zéro, comme l'inverse de la puissance $\omega_0^2+\frac{1}{2}$ du temps t; et notre solution $\omega=\omega_0$ du problème de la variation de E ne constitue, elle aussi, comme toutes nos intégrales telles que la formule (12) de ma dernière Note, *qu'une solution asymptotique*.

Quand l'écart relatif ε de ω d'avec ω_0 est *initialement* trop grand pour qu'on puisse négliger ses puissances supérieures à la première, l'équation différentielle en ε, sans être linéaire, comporte encore la séparation des variables; et elle donne, comme intégrale,

$$\log\sqrt{t}+\int\frac{d\log(1+\varepsilon)}{1-e^{-\omega_0^2(2\varepsilon+\varepsilon^2)-\log(1+\varepsilon)}} = \text{const.}$$

Les valeurs successives de ε se calculent donc par une quadrature.

III. Si aucune action chimique préalable n'est en jeu, la rapide tendance de ω vers ω_0 fonctionnera dès le début du refroidissement et l'on devra, ce semble, pouvoir y prendre, avec une certaine approximation,

$$(9)\qquad \omega=\omega_0 \quad \text{ou} \quad \mathrm{E}=2a\omega_0\sqrt{t},$$

quelque petit que soit le temps t.

Il importe seulement, dans ce cas, d'observer que la constante u_0 entrant dans nos formules n'exprime plus une température initiale *inexistante ici*, puisque, pour $t=0$, la croûte est sans épaisseur. C'est maintenant la température pour $x=\mathrm{E}$ ou au bas de la croûte, température que nous pouvons appeler u_1, qui est la *température de fusion*. On a donc, d'après la

relation (11) de ma dernière Note,

$$\frac{u_1}{u_0} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\psi(\omega_0); \tag{10}$$

d'où résulte, pour éliminer la constante u_0 en l'exprimant au moyen de la température u_1 de fusion, la formule

$$u_0 = \frac{u_1}{1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\psi(\omega_0)}.$$

Éliminons en même temps, par (9), $a\sqrt{t}$ de l'expression asymptotique $\frac{u_0}{a\sqrt{\pi t}}$ de la dérivée $\left(\frac{du}{dx}\right)_0$ relative à la surface $x = 0$; et nous aurons, entre u_1, E et cette dérivée, la relation curieuse

$$\frac{E}{2u_1}\left(\frac{du}{dx}\right)_0 = \frac{\omega_0}{\sqrt{\pi} - 2\psi(\omega_0)}. \tag{11}$$

IV. Au moment de clore cette Note, il me vient à l'esprit que l'Analyse du numéro précédent se présente comme applicable quelle que soit la valeur effective de ω_0, ou quelque grands que soient les rapports physiques $\frac{L}{Cu_0}$, $\frac{L}{Cu_1}$. Donc, pour lever les difficultés qu'a soulevées ici le problème du refroidissement de la croûte terrestre, censée portée encore par le bain métallique en fusion d'où elle est issue, il suffira d'abandonner l'hypothèse d'une épaisseur E *finie (ou sensible) dès le début;* hypothèse d'ailleurs en contradiction avec la loi de continuité du phénomène. C'est la formule (9), où l'on pourra prendre voisine de $0,68\sqrt{\pi}$ la constante ω_0 si le bain en fusion est du fer, qu'il conviendra d'adopter pour régler les épaisseurs E successives; et nos intégrales, comme (12) de ma dernière Note ou (1) de l'avant-dernière, etc., résoudront la question avec toute la simplicité et l'exactitude désirables (surtout en y faisant h infini ou supposant refroidie *par contact* la face $x = 0$), du moins dans la mesure où le fragment considéré de la croûte sera assimilable à un *plateau* isotrope homogène.

A l'époque actuelle où $\left(\frac{du}{dx}\right)_0 = \frac{1}{30}$, la formule (11), si l'on y pose

$$\omega_0 = 0,68\sqrt{\pi} = 1,20527 \quad \text{et} \quad u_1 = 1490,$$

donnera, en y calculant $\psi(1,20527) = 0,078263$ par la Table de Krampf,

$$E = (60\,u_1)\frac{1,20527}{\sqrt{\pi} - 0,15653} = (60\,u_1)(0,74588) = 66682^{\text{m}}.$$

Ce résultat ne changera rien d'essentiel aux conclusions générales de mes Notes précédentes, quoique la formule (9) rende la dérivée $\frac{du}{dx}$, au fond de la croûte, sensiblement plus grande que nous ne l'avions supposée, et, par suite, l'épaisseur E *actuelle* notablement moindre, dans le rapport de 100 à 67 environ.

Depuis la précipitation des eaux sur la croûte terrestre et leurs déplacements successifs à sa surface, jusqu'à l'époque présente, les changements de E et de u_{em} ont dû être, ce semble, assez lents, pour permettre d'attribuer sans cesse, du moins quant à l'ordre de grandeur et dans les régions qui nous sont accessibles, à la partie *climatérique* u_m des températures intérieures, la formule approximative que nous lui avons donnée ([1]), nonobstant les notables variations séculaires des limites de la partie émergée du sol, ainsi que de l'épaisseur E. Grâce à cela, les intéressantes conclusions du n° IV de mon avant-dernière Note subsisteront sensiblement, malgré la substitution, au dénominateur 100 000, du dénominateur moindre 67 000 environ ([2]).

V. La formule (9) des épaisseurs E étant censée donnée, l'équation indéfinie $\frac{du}{dt} = a^2 \frac{d^2 u}{dx^2}$ et la relation $\frac{1}{h}\frac{du}{dx} = u$ spéciale à la surface $x = 0$, complétées par la condition $u = u_1$ relative à la limite $x = \mathrm{E}$, déterminent

([1]) A cela près que, trompé par de trop imparfaits documents météorologiques, j'avais cru suffisante une différence de 30° de température moyenne entre l'équateur et les pôles, alors que cette différence est maintenant évaluée à 51° environ.

([2]) Ne manquons pas d'observer enfin que l'appauvrissement actuel du rôle de u_0, restée une simple constante auxiliaire après avoir représenté à la fois la température *initiale* et celle *de fusion*, conduit à éliminer u_0 de l'équation caractéristique (6), pour lui substituer la constante u_1 à laquelle est maintenant dévolu ce dernier rôle. L'équation (6) devient alors

$$\frac{e^{-\omega^2}}{\omega\sqrt{\pi}}\left[1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\psi(\omega)\right]^{-1} = \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{C}u_1},$$

avec premier membre croissant encore de zéro à l'infini quand ω décroît de l'infini à zéro. Si l'on y fait $\omega = 0,68\sqrt{\pi} = 1,20527$, il vient ainsi $\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{C}u_1} = 0,12012$. Or les expériences les plus récentes indiquent, pour le rapport de la chaleur latente L de fusion du fer à la chaleur totale (sensiblement $\mathrm{C}u_1$) que ce métal absorbe depuis la température de la glace fondante jusqu'au moment où il va fondre, la valeur 0,125, pratiquement identique à la fraction précédente (0,120 environ).

entièrement le problème, qui ne comporte ainsi que la solution obtenue. On le démontre sans difficulté, malgré la variabilité de E, par la méthode ordinairement suivie pour prouver l'unicité de la solution des problèmes usuels de refroidissement. Et l'on pourrait en dire autant pour toute autre loi bien définie, de la forme $E = f(t)$, donnant aussi $f(0) = 0$, et pour des valeurs de u_1 variables en fonction connue de t. Mais la formule (9), elle-même, constitue-t-elle la seule manière possible d'exprimer l'égalité continue du flux calorifique ascendant qui traverse la base de la croûte, à la chaleur latente dégagée sans cesse par la nouvelle couche en train de se solidifier *et toujours à la même température?* Il serait peut-être difficile de le démontrer.

VI. Il y a un cas extrême où notre point de vue actuel, dans lequel E débute par la valeur zéro et croît, dès l'abord, comme la racine carrée du temps t, se confond avec le point de vue précédent, plus proche de celui de Fourier, où l'on se représentait un refroidissement ayant progressé très vite en profondeur ou ayant constitué presque instantanément la croûte sous son épaisseur actuelle, de manière à y rendre possible, dès une époque infiniment voisine de $t = 0$, l'application de la théorie ordinaire du refroidissement des solides. Ce cas de *transition* est celui d'une croûte à chaleur latente L infiniment petite, ou pour laquelle l'équation en ω_0 donnerait $\psi(\omega_0) = 0$, $\omega_0 = \infty$. Car, alors, dès que t n'est plus nul, la formule (9) rend l'épaisseur E infinie; d'autre part, les deux constantes u_0, u_1 y sont égales et nos intégrales asymptotiques, telles que (12) de ma dernière Note, deviennent rigoureuses.

Comme on passe du premier point de vue au second en astreignant la base *seule* $x = E$ de la croûte, d'ailleurs devenue mobile, à avoir sans cesse la température u_1 de fusion, tandis que le premier point de vue exigeait cette température, que nous y appelions u_0, à la fois comme température *initiale* sur toute la profondeur et *permanente* au fond $x = E$, on conçoit que le second point de vue, seul, *moins chargé de conditions que le premier*, ait pu être réalisé *exactement*, grâce au mode (9) de variation de E, par la même intégrale asymptotique, la même fonction de x et de t, qui convient au cas limite, mais employée dans un domaine ou champ E de variation croissant avec t. Et l'on conçoit aussi que le premier point de vue ait pu l'être *approximativement* par la même intégrale asymptotique, à partir d'une épaisseur initiale sensible E_0, laissée constante jusqu'à la phase t_0 du refroidissement, mais à la condition expresse d'une chaleur latente L de fusion

assez faible, ou d'une racine ω_0 assez grande, pour que le rapport des deux constantes u_0, u_1 reste très voisin de l'unité. Car c'est justement *l'écart relatif* de ces deux constantes, *dont le rôle s'échange*, qui exprime la différence des deux points de vue : aussi leur conciliation *approchée* exige-t-elle que cet écart soit insensible, ou que $\psi(\omega_0)$ reste une fraction négligeable de $\psi(0)$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les congruences* W *qui appartiennent à un complexe du second ordre. Cas où l'équation en* S *a une racine double.* Note de M. C. **Guichard**.

La relation quadratique entre les coordonnées $z_1, z_2, \ldots, z_6$ d'une droite étant mise sous la forme

$$(1) \qquad z_1^2 + z_2^2 + \ldots + z_6^2 = 0$$

et l'équation du complexe étant ramenée à la forme

$$\omega_1 z_1^2 + \omega_1 z_2^2 + \ldots + \omega_6 z_6^2 = 0,$$

je vais chercher les congruences W qui appartiennent à ce complexe, dans le cas où deux des quantités ω sont égales. Ce cas comprend, comme cas particulier, un complexe bien connu, c'est le *complexe tétraédral* : cas que je vais d'abord traiter.

Cas du complexe tétraédral. — Dans ce cas, l'équation en S a trois racines doubles; je suppose

$$\omega_1 = \omega_2, \qquad \omega_3 = \omega_4, \qquad \omega_5 = \omega_6.$$

En tenant compte de la relation (1) on pourra ramener l'équation du complexe à la forme

$$(2) \qquad z_1^2 + z_2^2 + \omega(z_3^2 + z_4^2) = 0.$$

Tout revient (voir ma Note du 14 juin) à trouver une équation de Laplace

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = P_1 \frac{\partial \theta}{\partial u} + Q_1 \frac{\partial \theta}{\partial v} + R_1 \theta,$$

admettant six solutions $z_1, \ldots, z_6$, reliées par les relations (1) et (2). Je pose

$$(4) \qquad X_i = \frac{z_i}{z_5 + i z_6} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 6).$$

on aura

(5) $$X_5 + iX_6 = 1,$$

(6) $$X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 + X_5 - iX_6 = 0,$$

(7) $$X_1^2 + X_2^2 + \omega(X_3^2 + X_4^2) = 0.$$

Et les fonctions X_i sont solutions de l'équation

(8) $$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = P\frac{\partial \theta}{\partial u} + Q\frac{\partial \theta}{\partial v}.$$

L'équation (8) admet la solution $X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2$; en tenant compte de l'identité (7) on voit qu'elle admet comme solutions $X_1^2 + X_2^2$ et $X_3^2 + X_4^2$. Il en résulte que les points $M(X_1, X_2)$ et $N(X_3, X_4)$ décrivent dans le plan des réseaux O associés. On est ainsi ramené à ma théorie des réseaux O *associés dans le cas le plus simple*. Soit alors :

$$dX_1^2 + dX_2^2 = h^2\, du^2 + l^2\, dv^2, \qquad dX_3^2 + dX_4^2 = h_1^2\, du^2 + l_1^2\, dv^2.$$

Les fonctions X satisfaisant à l'équation (8) on a

$$P = \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v} = \frac{1}{h_1}\frac{\partial h_1}{\partial v}, \qquad Q = \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u} = \frac{1}{l_1}\frac{\partial l_1}{\partial u}$$

et, par suite,

(9) $$h_1 = hU, \qquad l_1 = lV.$$

Je désigne par φ l'angle que fait la première tangente du réseau M avec une direction fixe, par ψ l'angle analogue pour le réseau N. On a

(10) $$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial v} &= -\, l\frac{\partial \varphi}{\partial u}, \\ \frac{\partial l}{\partial u} &= \quad h\frac{\partial \varphi}{\partial v} \end{aligned}\right.$$

et

(11) $$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial h_1}{\partial v} &= -\, l_1\frac{\partial \psi}{\partial u}, \\ \frac{\partial l_1}{\partial u} &= \quad h_1\frac{\partial \psi}{\partial v}. \end{aligned}\right.$$

En tenant compte des équations (9) on aura

(12) $$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial u} &= \frac{U}{V}\frac{\partial \varphi}{\partial u}, \\ \frac{\partial \psi}{\partial v} &= \frac{V}{U}\frac{\partial \varphi}{\partial v}. \end{aligned}\right.$$

En écrivant que les équations (12) sont compatibles on a

$$(13)\qquad \left(\frac{1}{U^2}-\frac{1}{V^2}\right)\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}+\frac{V'}{V^3}\frac{\partial\varphi}{\partial u}-\frac{U'}{U^3}\frac{\partial\varphi}{\partial v}=0,$$

équation qui devient l'équation $E\left(\frac{1}{2},\frac{1}{2}\right)$ si l'on suppose, ce qui est évidemment permis,

$$\frac{1}{U^2}=u,\qquad \frac{1}{V^2}=v.$$

Réciproquement, si l'on a des fonctions φ et ψ satisfaisant aux équations (12) et (13), on pourra trouver une congruence cherchée. Pour cela, je considère le déterminant O :

$$(14)\qquad \Delta=\begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4\\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4\\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \xi_4\\ \eta_1 & \eta_2 & \eta_3 & \eta_4\end{vmatrix},$$

dans lequel

$$\xi_1=\frac{\cos\varphi}{\sqrt{1+U^2}},\qquad \xi_2=\frac{\sin\varphi}{\sqrt{1+U^2}},\qquad \xi_3=\frac{U\cos\psi}{\sqrt{1+U^2}},\qquad \xi_4=\frac{U\sin\psi}{\sqrt{1+U^2}};$$

$$\eta_1=\frac{-\sin\varphi}{\sqrt{1+V^2}},\qquad \eta_2=\frac{\cos\varphi}{\sqrt{1+V^2}},\qquad \eta_3=\frac{-V\sin\psi}{\sqrt{1+V^2}},\qquad \eta_4=\frac{V\cos\psi}{\sqrt{1+V^2}}.$$

Toutes les relations qui doivent exister entre les fonctions ξ et η d'un déterminant O sont bien vérifiées. Il en résulte qu'on pourra, à l'aide d'une quadrature, déterminer les éléments des deux premières lignes de Δ. Cela fait je prends

$$(15)\qquad X_1=x_1+iy_1\quad X_2=x_2+iy_2,\quad X_3=\frac{1}{\sqrt{\omega}}(x_3+iy_3),\quad X_4=\frac{1}{\sqrt{\omega}}(x_4+iy_4).$$

Les fonctions X satisfont à une équation de la forme (8) qui admet comme solutions $X_1^2+X_2^2$ et $X_3^2+X_4^2$; la condition (7) est bien vérifiée. Les équations (5) et (6) donneront X_5 et X_6; on a les six coordonnées de la droite qui décrit la congruence cherchée.

Cas ou l'équation en S a une seule racine double. — Si l'on suppose

$$\omega_5=\omega_6,$$

l'équation du complexe se ramène à

$$(16)\qquad a_1z_1^2+a_2z_2^2+a_3z_3^2+a_4z_4^2=0.$$

Tout revient donc à trouver une équation (3) ayant des solutions $z_1, \ldots, z_6$ liées par les relations (1) et (16).

Si l'on fait la transformation (4), on aura, outre les relations (5) et (6), l'équation

$$a_1 X_1^2 + a_2 X_2^2 + a_3 X_3^2 + a_4 X_4^2 = 0. \tag{17}$$

Les fonctions X étant solutions de l'équation (8), on voit que le point P (X_1, X_2, X_3, X_4) décrit, dans l'espace à quatre dimensions, un réseau O situé sur la quadrique (17). Je considère le déterminant orthogonal qui correspond à ce réseau O. On a évidemment

$$\xi_1 \eta_1 + \xi_2 \eta_2 + \xi_3 \eta_3 + \xi_4 \eta_4 = 0. \tag{18}$$

La condition (17) conduit facilement à la relation

$$a_1 \xi_1 \eta_1 + a_2 \xi_2 \eta_2 + a_3 \xi_3 \eta_3 + a_4 \xi_4 \eta_4 = 0. \tag{19}$$

On peut facilement interpréter ces deux équations. Je considère dans l'espace ordinaire les points C et D qui ont respectivement pour coordonnées homogènes $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$ et $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$. Les formules

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial v} = n \eta_i, \qquad \frac{\partial \eta_i}{\partial u} = m \xi_i$$

montrent que les points C et D sont les foyers de la congruence CD. Les équations (18) et (19) montrent que ces foyers sont conjugués par rapport aux deux quadriques ayant comme équations, en coordonnées homogènes,

$$X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 = 0,$$
$$a_1 X_1^2 + a_2 X_2^2 + a_3 X_3^2 + a_4 X_4^2 = 0.$$

Une transformation dualistique conduit à une congruence dont les plans focaux sont conjugués par rapport à deux quadriques. Ces plans sont conjugués par rapport à toutes les quadriques appartenant au faisceau tangentiel déterminé par les deux quadriques primitives. On sait que ce faisceau contient quatre coniques; par une transformation homographique, on peut supposer que l'une de ces coniques est le cercle imaginaire rejeté à l'infini. La congruence devient une congruence de normales, ses plans focaux seront conjugués par rapport à une quadrique. On est ramené à un problème qui a été traité, et complètement résolu, par M. Darboux (*Leçons*, Vol. II, Livre IV, Chap. XIV).

En reprenant les calculs en sens inverse, on voit facilement qu'en partant d'une surface de M. Darboux on peut, à l'aide d'une quadrature seulement, déterminer les coordonnées d'une congruence cherchée.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Mellish, faites à l'Observatoire d'Athènes, avec l'équatorial Doridis (Gautier* $0^m,40$*).* Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

Dates. 1915.	Temps moyen d'Athènes.	Δα.	Δδ.	Nombre de comp.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 5.....	13. 3.17,44	+5.35,88	−5.17,7	10:10	18.52.11,72	$\bar{1},525_n$	−14. 7.57,5	0,808	1
» 10.....	12.31. 1,51	+1. 9,12	+0.37,7	10:10	19. 1.28,11	$\bar{1},573_n$	−18.24.54,4	0,814	2
» 10.....	13. 4.54,04	+1.11,97	−0.42,5	6: 6	19. 1.30,96	$\bar{1},510_n$	−18.26.14,6	0,830	2
» 11.....	12. 7.49,64	−3.18,52	−5.16,5	8: 8	19. 3.30,42	$\bar{1},606_n$	−19.25. 4,3	0,806	3
» 12.....	12.39.44,48	−1.10,58	−0.24,1	10:10	19. 5.42,24	$\bar{1},557_n$	−20.31.47,9	0,827	4
» 14.....	13.16.13,19	−1. 7,25	−2. 5,0	10:10	19. 5.45,57	$\bar{1},481_n$	−20.33.28,8	0,843	4
» 15.....	12.35. 6,88	+1.59,71	+3. 2,6	8: 8	19.12.48,76	$\bar{1},569_n$	−24.10.57,8	0,836	5
» 19.....	13.37. 6,13	+3.59,69	+2.56,1	8: 9	19.24.28,58	$\bar{1},432_n$	−30.13.30,7	0,885	6
» 20.....	12.40.58,58	−1.57,98	−4.45,7	12:12	19.27.44,60	$\bar{1},580_n$	−31.52.16,7	0,858	7

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	α moyenne 1915,0.	Réduction au jour.	δ moyenne 1915,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.......	8,6	18.46.33,26	+ 2,58	−14. 2.33,0	− 6,8	A.G. Cambr., U.S., 6479
2.......	9,0	19. 0.16,23	+ 2,76	−18.25.27,9	− 4,1	München I, 18603
3.......	7,0	19. 6.46,16	+ 2,78	−19.19.44,4	− 3,4	München I, 19042
4.......	8,0	19. 6.49,99	+ 2,83	−20.31.20,9	− 2,9	München I, 19044
5.......	9,0	19.10.46,05	+ 3,00	−24.13.59,1	− 1,3	München I, 19313
6.......	9,0	19.20.25,65	+ 3,24	−30.16.28,1	+ 1,3	München I, 19986
7.......	6,8	19.29.39,30	+ 3,28	−31.47.33,6	+ 2,6	Yarnall, 8556

Remarques : 1915 *Mai* 5. — La comète a l'aspect d'une nébulosité à bords mal définis, d'environ 1′,3 de diamètre; elle est un peu allongée du côté opposé au Soleil, formant une queue très courte, sur l'axe de laquelle on distingue nettement une faible condensation, ayant la forme d'une petite ellipse allongée, avec un noyau diffus et excentrique, occupant l'un de ses foyers, le plus rapproché du Soleil.

Mai 10. — Temps brumeux, ciel couvert de cirrus par intervalles. La condensation elliptique est à peine visible; noyau excentrique diffus (gr. 9,5).

Mai 12. — Même aspect que le 5 mai. L'éclat de la condensation elliptique a un peu augmenté; grandeur du noyau 9,0.

Mai 14 et 15. — Ciel beau. Même aspect.

Mai 17. — L'aspect général de la comète est le même; mais à la place du foyer de la condensation elliptique, le plus éloignée du Soleil, on distingue, de temps en temps, un point lumineux, en forme d'un second noyau plus petit et à peine visible (gr. 12). L'angle de position et la distance de ce second noyau par rapport au premier ont été trouvés :

$$p = 288^\circ,5 \qquad \text{et} \qquad d = 28'',5. \qquad 12^h 58^m 28^s \text{ (t. m. d'Athènes).}$$

Mai 18. — Même aspect; mais on distingue difficilement en plus une seconde condensation, de faible éclat en forme d'une seconde queue, sortant du premier noyau, sous un angle de position d'environ 60°, plus petit que celui de la première. L'angle de position et la distance du second noyau par rapport au premier sont :

$$p = 288^\circ,3 \qquad \text{et} \qquad d = 26'',3. \qquad 12^h 39^m 36^s \text{ (t. m. d'Athènes).}$$

Mai 19. — Même aspect. La position, trop basse, de la comète ne permet plus son observation à l'horizon d'Athènes. Ces observations ont été faites avec l'aide de M. Paraskévopoulos.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Définition de l'intégrale sur un ensemble abstrait.* Note de M. Maurice Fréchet, présentée par M. Appell.

La définition classique de l'intégrale $\int F(x)\,dx$ d'une fonction continue $F(x)$ a été étendue de bien des manières. Parmi ses plus importantes généralisations se placent celles dues à Stieltjes et à M. Lebesgue. Elles procèdent de points de vue différents. L'extension apportée par M. Lebesgue consiste dans la possibilité de définir l'intégrale d'une fonction, dite *sommable,* beaucoup plus générale qu'une fonction continue. Dans la définition de Stieltjes, la fonction $F(x)$ reste encore continue et la généralisation consiste à remplacer l'élément différentiel dx par un élément différentiel beaucoup plus général $d\alpha(x)$, où $\alpha(x)$ est une fonction quelconque à variation bornée. Il est d'ailleurs facile d'étendre ces définitions au cas où x est remplacé par un point P de l'espace à n dimensions.

M. J. Radon a réussi (¹) à utiliser ces deux définitions divergentes pour en tirer une nouvelle définition plus générale dont celles-ci ne sont plus que deux cas particuliers. Il définit ainsi l'intégrale $\int_E F(P)\,d\alpha(P)$, où P est un point de l'espace à n dimensions, où, comme dans l'intégrale de Stieltjes, $\alpha(P)$ est une fonction à variation bornée et où, comme dans l'intégrale de Lebesgue, $F(P)$ est une fonction, dite *sommable par rapport à* $\alpha(P)$, beaucoup plus générale qu'une fonction continue.

(¹) J. Radon, *Die absoluten additiven Mengenfunktionen* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Vienne*, 1913).

Cette intégrale peut s'écrire sous une forme équivalente $\int_E F(P)\,df(e)$, où $f(e)$ est une fonction additive de l'ensemble variable e de points de E.

Le progrès recherché et réalisé par M. J. Radon consiste dans la superposition des extensions dues à Stieltjes et à M. Lebesgue; on obtient ainsi un instrument analytique plus délicat, s'appliquant à des fonctions plus singulières.

Mais je voudrais attirer l'attention sur un avantage de la définition de Radon, qui me paraît bien plus important, bien qu'il ne semble pas avoir été remarqué par Radon lui-même.

On s'aperçoit en effet, en lisant le Mémoire de Radon, qu'on peut, moyennant quelques légers changements, négliger complètement l'hypothèse que P *est un point de l'espace à n dimensions.*

De sorte que *la définition de Radon fournit immédiatement une définition de l'intégrale* $\int_E F(P)\,df(e)$ *étendue à un ensemble abstrait* E, *c'est-à-dire à un ensemble dont les éléments sont de nature quelconque.* Il n'est même pas nécessaire de supposer que cet ensemble appartienne à une classe (L), c'est-à-dire de supposer qu'on peut définir la convergence d'une suite d'éléments de l'ensemble. Le champ d'application de la notion d'intégrale se trouve être ainsi aussi vaste que, par exemple, celui de la notion de puissance d'un ensemble.

Il est à peine utile de remarquer combien la nouvelle définition pourra se trouver utile dans des théories d'application courante, en suivant une voie très éloignée de la recherche de singularités compliquées.

CHIMIE. — *Une série nouvelle de composés du platine tétravalent (pentaminochloroplatinique).* Note (1) de MM. **L. Tschugaeff** et **N. Wladimiroff**, présentée par M. A. Haller.

On sait que le nombre des molécules d'ammoniaque correspondant à 1^{at} de platine tétravalent dans la série bien connue :

$[PtCl^6]K^2$.	$\left[Pt{Cl^5 \atop NH^3}\right]K$.	$\left[Pt{Cl^4 \atop 2NH^3}\right]$.	$\left[Pt{Cl^3 \atop 3NH^3}\right]Cl$.	$\left[Pt{Cl^2 \atop 4NH^3}\right]Cl^2$.	$\left[Pt{Cl \atop 5NH^3}\right]Cl^3$.	$[Pt\,6NH^3]Cl^4$.
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
256^{μ}	$108^{\mu},5$	0^{μ}	$96^{\mu},75$	228^{μ}	404^{μ}	$522^{\mu},9$

peut varier de 0 à 6.

(1) Séance du 21 juin 1915.

D'après les recherches classiques de A. Werner et de Miolati, à mesure que la teneur en ammoniaque augmente dans cette série, la conductivité moléculaire μ va d'abord en diminuant jusqu'à un minimum pour remonter ensuite.

La valeur minima de μ est voisine de zéro et correspond au composé III, la valeur maxima est atteinte dans le sel de Drechsel-Gerdes (VII).

Jusqu'en ces derniers temps on n'a pu obtenir le membre avant-dernier (VI) de la série en question, de même qu'aucun autre composé avec 5^{mol} d'ammoniaque pour 1^{at} de platine.

Nous avons réussi à combler cette lacune et à démontrer que le composé $[Pt, 5NH^3 Cl] Cl^3$ peut être obtenu par l'action de l'ammoniaque liquide sur le chloroplatinate d'ammonium $(NH^4)^2 PtCl^6$ en l'absence de l'eau. La réaction s'accomplit facilement en tubes scellés et à la température ambiante. Le produit de cette réaction représente principalement un mélange de deux corps qu'on peut séparer par cristallisation.

Le moins soluble n'est autre chose que le chlorure de la base de Drechsel et de Gerdes $[Pt, 6NH^3]Cl^4$ (VII), tandis que l'autre est le chlorure

$$[Pt, 5NH^3 Cl] Cl^3,$$

correspondant à la base complexe $[Pt, 5NH^3 Cl](OH)^3$.

Dans le nouveau composé, ce n'est que 3^{at} de chlore qui sont ionisés, et le quatrième est parfaitement dissimulé, étant intimement lié à l'atome de platine et faisant partie du cation $[Pt, 5NH^3 Cl]^{+++}$ trivalent.

Il existe toute une série de sels correspondant à la même formule générale $[Pt, 5NH^3 Cl]X^3$. Nous en mentionnons le nitrate $[Pt, 5NH^3 Cl][NO^3]^3$, qu'on obtient en précipitant la solution du chlorure précédent par de l'acide nitrique concentré. Il est moins soluble que le chlorure, et l'atome de chlore qu'il contient est parfaitement inactif vis-à-vis du nitrate d'argent, même à l'ébullition.

Quant aux autres sels de la même série, le carbonate et le sulfate se distinguent par l'insolubilité presque absolue dans l'eau; par contre, ces sels sont facilement solubles dans les alcalis fixes.

La trivalence de l'ion $[Pt, 5NH^3 Cl]^{+++}$ a été confirmée par la détermination de la conductivité moléculaire des sels $[Pt, 5NH^3 Cl]X^3$ (pour le chlorure $[Pt, 5NH^3 Cl]Cl^3$: $\mu = 404$ à $25°$; $v = 1000^l$), ainsi que par leur capacité de coaguler en concentration déterminée les solutions colloïdales du trisulfure d'arsenic (Freundlich).

Les sels de la série pentaminochloroplatinique engendrent ceux de

la base de Reiset $[Pt, 4NH^3]X^2$ par réduction avec du zinc et de l'acide chlorhydrique très dilué. C'est ainsi que la diminution de la valence de l'atome de platine de 4 à 2 entraîne simultanément la perte de 1^{mol} d'ammoniaque.

BOTANIQUE. — *Sur les Mousses trouvées dans le contenu de l'estomac d'un Mammouth*. Note (¹) de M. **Fernand Camus**, présentée par M. L. Mangin.

Le remarquable état de conservation du Mammouth découvert dans les îles Liakhov et offert au Muséum d'Histoire naturelle a permis d'étudier presque comme sur le frais diverses parties molles et plusieurs viscères de l'animal.

L'examen du contenu de l'estomac avait été confié à un de mes collègues qui, y ayant rencontré un fragment de Mousse, m'a prié de faire l'étude spécifique de ce fragment et des autres fragments de Mousses que j'y pourrais rencontrer.

La portion du contenu stomacal que j'ai eu à ma disposition représente environ 1^{cm^3} d'une masse gris verdâtre, se réduisant par la pression en une poudre grossière et presque uniquement formée de débris végétaux. Ceux-ci, fortement attaqués par la digestion, ne se composent guère que de fragments d'épiderme appartenant presque tous, à ce qu'il semble, à des Monocotylédones, mais dont la détermination me paraît presque impossible. Des fragments de trois espèces de Mousses se trouvaient parmi ces débris et dans un état de conservation suffisant pour que la détermination spécifique en pût être faite. Ils appartiennent aux espèces suivantes :

1° *Polytrichum sexangulare* Flörke. — Un fragment de tige de 4^{mm}, garni de ses feuilles. Celles-ci sont dans toute leur longueur en bon état; les lamelles verticales longitudinales qu'elles portent sur leur face supérieure sont elles-mêmes assez bien conservées pour que j'aie pu étudier sur plusieurs d'entre elles les caractères des cellules marginales de ces lamelles.

2° *Hypnum revolvens* Sw. sens. lat. — Plusieurs fragments de tiges, de 4^{mm}-5^{mm} de longueur, garnis de leurs feuilles. Le limbe de ces feuilles, à l'exception de l'acumen qui a presque partout disparu, est en très bon état de conservation; les caractères des parois cellulaires sont très nets, et l'on distingue en particulier parfaitement dans les cellules basilaires les étranglements des parois latérales de ces cellules (ponctuations).

(¹) Séance du 21 juin 1915.

L'*Hypnum revolvens* comprend en réalité deux sous-espèces bien caractérisées biologiquement, mais plus difficiles à séparer anatomiquement. Le principal caractère différentiel est tiré de la forme des cellules suprabasilaires. Il est difficile de se rendre un compte bien exact de ce caractère sans détacher complètement une feuille de la tige. Or, c'est là une opération presque impossible à faire sur les fragments que j'ai à ma disposition : soit par la dissection directe, soit par la pression, on n'arrive qu'à séparer des lambeaux de tissu, parfois même des cellules isolées. Ces cellules semblent se séparer comme si on les avait traitées par le chloro-iodure de zinc. Il en est de même des cellules corticales fusiformes à parois épaisses (fibres) qui constituent le manchon cortical de la tige. Dans cette Mousse et quelques espèces voisines, la couche corticale superficielle se compose de grandes cellules à parois minces rappelant celles que l'on trouve dans les Sphaignes et les *Philonotis*. Cette couche semble avoir complètement disparu sur mes échantillons.

3° *Hypnum stellatum*. — Cette plante n'est représentée que par deux fragments : l'un comprend la moitié supérieure d'une feuille moins l'acumen, l'autre la portion médiane de la moitié inférieure d'une feuille. Il est bien difficile de donner la détermination précise de ces fragments, malgré la bonne conservation des parois cellulaires. Je les rapproche de l'*Hypnum stellatum* Schreb., dont le tissu est toutefois un peu plus serré.

Ces trois espèces font partie de la flore actuelle de la Sibérie. Les deux dernières y ont été trouvées jusqu'au delà du 71° de latitude, la première dans le Kamtschatka. Toutes trois sont répandues dans la zone arctique des deux hémisphères. Les *Hypnum revolvens* et *stellatum* sont également dispersés dans la zone tempérée; le *Polytrichum sexangulare* ne se montre dans cette zone que sur les hautes montagnes. La réunion de ces trois Mousses indique un climat très froid.

Comment ces Mousses sont-elles arrivées dans l'estomac du Mammouth? Les Mousses, en raison de la dureté de leurs tissus et de l'absence de matériaux de réserve dans leurs organes végétatifs, n'ont qu'une valeur nutritive très minime et elles sont dédaignées de presque tous les animaux. Si parfois les touffes des Polytrichs et des grands *Hypnum* de nos bois sont broutées par les cerfs, on peut dire que ce n'est pas intentionnellement; elles l'ont été en même temps que les Graminées avec lesquelles elles croissent en mélange. Évidemment le Mammouth ne les avait pas mangées à dessein, elles ont dû arriver dans son estomac avec les autres substances végétales.

PHYSIOLOGIE. — *Les cures de Soleil.* Note [1] de M. **Artanet de Vevey**, présentée par M. Edmond Perrier.

Je demande la permission de rappeler que je fus le premier à pratiquer les cures de Soleil dans la région parisienne, il y a 12 ans. Depuis, je n'ai cessé d'utiliser l'héliothérapie, et *plusieurs centaines d'observations* me permettent aujourd'hui d'en affirmer la supériorité sur tous les autres modes de traitement dans toutes les manifestations tuberculeuses chirurgicales : *adénites, ostéites, arthrites, orchites, péritonites, maux de Pott, laryngites*, etc. ; j'ai été le premier à l'appliquer au traitement des *métrites* et des *salpingites*, des *cancers*, qui en sont toujours profondément modifiés et qui régressent souvent à un stade permettant leur enlèvement; les *eczémas*, les *ulcères variqueux* et les *plaies* de toute nature en sont justiciables; les *prurits* les plus tenaces ne résistent pas généralement à deux ou trois séances d'exposition.

Il faut dire que mon procédé a le grand avantage d'augmenter considérablement l'action des énergies solaires et d'abréger corrélativement la durée des poses et des expositions, par l'emploi de puissantes lentilles, avec écrans diversement colorés, suivant les indications (rouges pour stimuler, bleus pour décongestionner, par exemple, jaune ou vert, suivant qu'on veut plus ou moins chauffer ou refroidir). En tout cas j'obtiens, avec mes *hélioptores*, nom que j'ai donné à mes appareils, et dont j'ai plusieurs modèles, des guérisons excessivement rapides, même dans les saisons où le Soleil est le moins généreux et le moins fréquent, et en un très petit nombre de séances (10 par exemple, pour la disparition complète d'adénites du volume d'un œuf, soit en tout 5 heures d'exposition), même souvent réparties sur un mois ou deux, car il est remarquable que l'effet curatif se continue dans les intervalles de poses.

Mon procédé a donc l'immense avantage d'activer la guérison de très nombreuses affections relevant de la Chirurgie et de la Médecine, et d'abréger dans des proportions invraisemblables la durée de traitements qui exigent des années dans les stations dont c'est la spécialité.

Ma méthode met donc à la disposition de tous les médecins et de toutes les catégories de malades, même les plus modestes, un mode de traitement

---

(1) Séance du 14 juin 1915.

jusqu'ici spécialisé à quelques établissements étrangers, et elle montre surtout que le Soleil ne peut être monopolisé et qu'il a partout les mêmes propriétés.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Détermination de la valeur immunisante et curative du sérum antitétanique.* Note [1] de MM. **G. Tizzoni** et **P. Perrucci**, présentée par M. Ch. Richet.

La douloureuse expérience de la guerre actuelle a démontré encore une fois la grande efficacité du sérum antitétanique (= S. A.) comme traitement préventif et curatif. Or les diverses méthodes généralement adoptées pour la détermination du pouvoir antitoxique du S. A. *in vitro* ne donnent pas une idée suffisamment exacte du pouvoir immunisant et curatif d'un sérum, et, partant, de la dose à injecter selon la gravité du cas.

Les recherches qui font l'objet de ce Mémoire tendent à combler cette lacune.

M. Lusini [2] avait démontré dès 1897 l'existence d'une action antagoniste entre le S. A. et la strychnine.

A la suite de nombreuses recherches nous avons pu établir les faits suivants :

1° Il existe certainement une action antagoniste entre le S. A. et la strychnine;

2° Cette action antagoniste est de nature spécifique, car elle ne se vérifie jamais, même à hautes doses, avec les sérums normaux de lapin, de chien ou de cheval ou avec d'autres sérums immunisants (sérum antivenimeux de Calmette, sérum antirabique, antipneumonique, antidiphtérique, etc.);

3° L'efficacité du S. A. contre l'empoisonnement par la strychnine est d'autant plus grande que le délai entre l'injection du sérum et celle de strychnine est plus long, jusqu'à un maximum de 24 heures;

4° Cette propriété antagoniste contre la strychnine est commune à tous les S. A., quelle que soit l'espèce animale qui les a fournis (cheval, chien), pourvu que le sérum possède un pouvoir immunisant très élevé;

5° La durée de la résistance conférée au lapin est en rapport plutôt avec la force immunisante du sérum qu'avec la quantité injectée;

---

(1) Séance du 21 juin 1915.

(2) Lusini, *Sull'antagonismo d'azione dell'antitossina Tizzoni e della stricnina, Nota preventiva* (*Riforma medica*, 1897, et *Arch. ital. de Biologie*, t. 1, p. 28, fasc. 1).

6° Il n'y a pas de parallélisme entre le degré de l'action neutralisante *in vitro* du sérum contre la toxine tétanique et son pouvoir antagoniste contre la strychnine;

7° $0^{cm^3},2$ à $1^{cm^3},0$ de notre sérum suffisent pour sauver le lapin contre la dose mortelle (minimale) de strychnine;

8° Les mêmes résultats peuvent s'obtenir chez le cobaye avec une dose de 1^{cm^3} à 2^{cm^3} de sérum;

9° Les sérums du commerce dont nous avons fait l'essai ne sauvent pas le lapin contre la strychnine, même à la dose de 3^{cm^3}.

De toutes les expériences qui précèdent il faut en déduire que les S. A. contiennent, à côté des anticorps spécifiques, d'autres substances qui ont la propriété de se lier par contact à la toxine tétanique et de la neutraliser *in vitro*, tout en n'ayant, dans l'organisme animal, aucune efficacité ni contre la toxine tétanique ni contre la strychnine.

Ainsi l'antagonisme entre un S. A. donné et la dose mortelle de strychnine peut servir à mesurer exactement la valeur immunisante et curative de ce même sérum contre l'infection tétanique consécutive à un traumatisme.

En effet :

1° La symptomatologie de l'empoisonnement strychnique est parfaitement superposable à celle de l'infection tétanique;

2° Certaines substances, le curare par exemple, exercent une action également bienfaisante contre les contractions musculaires du tétanos strychnique et du tétanos traumatique;

3° Le S. A., comme le curare, agit soit contre sa propre toxine, soit contre la strychnine;

4° Il y a toujours parallélisme entre l'action protectrice d'un sérum contre la strychnine et son action curative pour le tétanos : ces deux propriétés d'un sérum ne sont nullement en parallèle avec le pouvoir antitoxique *in vitro* de ce même sérum;

5° L'efficacité d'un sérum contre la strychnine et le poison tétanique est d'autant plus marquée que l'antigène qui a servi à la production du sérum est plus riche en substances convulsivantes pour le lapin;

6° Le mécanisme d'action du S. A. contre la strychnine et contre la toxine tétanique est très probablement identique dans les deux cas au point de vue physiologique.

Les conséquences pratiques qui découlent des expériences que nous venons d'exposer, c'est un moyen simple et sûr pour déterminer le pouvoir immunisant d'un S. A.

Voici le procédé que nous proposons et que nous suivrons dorénavant pour déterminer la valeur commerciale d'un sérum :

On prépare une solution de sulfate ou de nitrate de strychnine titrés à $\frac{6}{10}$ de milligramme ($0^{g},0006$) par centimètre cube d'eau distillée. 1^{cm^3} de cette solution doit tuer 1^{kg} de lapin en une demi-heure, et $\frac{5}{6}$ de centimètre cube, soit $\frac{1}{10}$ de milligramme de moins de strychnine, doivent provoquer chez l'animal de simples phénomènes tétaniques, sans le tuer.

Cela établi, on prépare deux lapins de 1200^{g} à 1500^{g} par une injection intraveineuse, respectivement de $0^{cm^3},5$ et de 1^{cm^3} du sérum à éprouver.

Après 24 heures on injecte sous la peau du dos la dose exactement mortelle de strychnine. Si les deux lapins, qu'ils aient ou non présenté des phénomènes tétaniques, survivent, on peut considérer le sérum en question comme efficace, et l'utiliser à la dose préventive de 5^{cm^3} et à la dose curative de 25^{cm^3}.

Si le lapin qui a reçu $0^{cm^3},5$ de sérum meurt après l'injection de strychnine, alors que le deuxième lapin qui a reçu 1^{cm^3} de sérum résiste à cette injection on pourra utiliser ce sérum comme préventif à la dose de 10^{cm^3} au lieu de 5^{cm^3}. Mais il faudra le rejeter pour le traitement du tétanos confirmé.

Les sérums doués d'une puissance inférieure, qui ne protègent pas le lapin contre la strychnine, à la dose de 3^{cm^3} ou davantage, doivent être absolument rejetés.

HYGIÈNE. — *Contribution à l'étude des phénomènes de la putréfaction.* Note (¹) de MM. **F. Bordas** et **S. Bruère**, présentée par M. d'Arsonval.

L'assainissement des champs de bataille est une mesure que rend de plus en plus urgente le retour des chaleurs de l'été.

Un procédé pratique de destruction rapide des cadavres faciliterait singulièrement son exécution.

C'est dans le but de le rechercher que nous avons entrepris les expériences dont nous publions aujourd'hui la première partie et qui sont la suite de l'étude sur la putréfaction publiée par l'un de nous, en 1892 (²).

Son auteur, à propos des ensevelissements normaux du temps de paix, condamnait l'usage des mixtures désinfectantes dont on a coutume de garnir les cercueils. Il leur reprochait, non seulement d'entraver les phéno-

(¹) Séance du 14 juin 1915.

(²) F. Bordas, *Étude sur la putréfaction*, Paris, Rueff et Cie, 1892.

mènes de la putréfaction, mais de paralyser encore, en partie, le travail des insectes nécrophores et suggérait de ne pas laisser au hasard de la fermentation putride spontanée le soin de désorganiser la matière organique.

Nous avons repris cette idée et cherché si, par des ensemencements appropriés, il ne serait pas possible de hâter cette désorganisation.

Qu'il s'agisse de cadavres abandonnés à l'air libre ou de corps enfouis dans le sol, dans les deux cas la putréfaction débute par l'intérieur, sous l'action de microorganismes qui préexistent ou s'introduisent après la mort dans le tube digestif. Afin de les mettre à l'abri de cette cause interne de fermentation nous avons choisi, comme sujets de nos premières expériences *in vitro*, des fœtus de truie qui n'étaient extraits de la poche fœtale qu'au moment même de l'ensemencement.

Leur poids variait de 300^g à 350^g et, pour les ensemencer, nous avons eu recours à la liqueur complexe que fournissent les fermentations cellulosiques putrides.

Dans une première série d'essais, à côté d'un fœtus témoin (n° 1), conservé sous l'eau, dans un bocal, un second baignait dans cette liqueur étendue de son volume d'eau; un troisième baignait dans cette liqueur pure, sans addition d'eau; un quatrième; après en avoir reçu 2$^{cm^3}$ en injection intrapéritonéale, reposait à sec dans un bocal; un cinquième enfin baignait, comme le troisième, dans la liqueur pure.

Tous les bocaux étaient bouchés au liège.

Les quatre premiers ont été laissés, tout d'abord, à la température du laboratoire, 17° à 18° en moyenne; puis, à partir du quinzième jour, à celle d'un sous-sol qui oscillait entre 13° et 14°; le cinquième a été placé et maintenu, pendant toute la durée de l'expérience, dans une étuve chauffée à 30°-32°.

En 108 heures, le fœtus du bocal n° 5 était complètement liquéfié, les petits os du squelette gisant au fond du bocal dans une liqueur brun rougeâtre; tandis qu'il a fallu 360 heures pour obtenir le même résultat avec le fœtus du bocal n° 3 et celui du bocal n° 4, et 480 heures avec le fœtus du bocal n° 2. Quant au témoin, il est encore sensiblement intact, au bout de 66 jours (1580 heures).

Dans une seconde expérience, les sujets, suspendus au bouchon du bocal par les pattes de derrière, ne baignaient, au début, que jusqu'à la moitié de leur longueur dans un liquide constitué par :

Bocal n° 1.

1 partie liquide décantée du bocal n° 5 de la première expérience;
1 partie eau.

Bocal n° 2.

1 partie liqueur composée de:

Urée	43^g
Eau	2000
Liqueur cellulosique putride	10

1 partie eau.

Les deux bocaux bouchés au liège ont été placés dans une étuve maintenue à 24°-25°. Au bout de 144 heures le fœtus du bocal n° 2 était entièrement dissous, tandis qu'il a fallu exactement le double de ce temps pour obtenir le même résultat avec le fœtus du bocal n° 1. Pendant toute la durée de la putréfaction des sujets, la température intérieure des bocaux s'est maintenue, de plusieurs degrés, supérieure à celle de l'étuve, démontrant l'intensité de ces fermentations putrides en milieu liquide.

De la marche des expériences que nous venons de rapporter, il est constant qu'on active, dans une très large mesure, la désorganisation de la matière organique par l'apport de ferments extérieurs appropriés et que, si cette désorganisation est plus rapide sous l'action d'une chaleur même modérée (25°), la température moyenne de nos contrées (13°) suffit à ces ferments pour la parfaire en une quinzaine de jours.

A 16 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. **J. Violle** le lit Rapport suivant au nom de la Commission des Poids et Mesures :

Un des plus grands bienfaits que la France ait rendus au Commerce et à l'Industrie de « tous les temps » et de « tous les peuples », suivant le langage de l'époque ([1]), est certainement le *système métrique décimal*, dont il n'est pas inutile de remémorer les principes.

Le 19 mars 1791, l'Académie des Sciences, consultée par l'Assemblée constituante, décidait d'employer « pour base de tout le système métrique le quart du méridien terrestre compris entre l'équateur et le pôle boréal; elle adopta la dix-millionième partie de cet arc pour l'unité des mesures et nommait *mètre* cette unité » ([2]).

D'autre part, reliant l'unité de poids à l'unité de longueur par la consi-

---

([1]) La loi du 19 frimaire an VIII (10 décembre 1799) ordonnait la frappe d'une médaille commémorative de l'établissement du système métrique, avec cette inscription « A tous les temps, à tous les peuples » et dans l'exergue « République française, an VIII ».

([2]) *Mémoires de l'Institut*, t. II, p. 24.

dération d'un volume métrique d'eau à son maximum de densité, elle établit comme « unité de poids la quantité d'eau distillée que contient le cube de la dixième partie du mètre lorsqu'elle (cette eau) est réduite à un état constant que la nature elle-même présente ». Elle appelait *grave* cette nouvelle unité, choisie, comme le mètre, d'une grandeur convenable pour l'usage courant (¹).

Notant seulement les décrets du 8 mai 1790 et du 26 mars 1791, ainsi que la loi préliminaire du 1er août 1793, nous devons nous arrêter un instant sur les lois constitutives du 18 germinal an III (9 avril 1795) et du 19 frimaire an VIII (10 décembre 1799).

La loi du 18 germinal an III décide :

« Art. 2. — Il n'y aura qu'un seul étalon des poids et mesures pour toute la République : ce sera une règle de platine sur laquelle sera tracé le *mètre* qui a été adopté pour l'unité fondamentale de tout le système des mesures ».

Et elle établit Art. 5 la « nomenclature définitivement adoptée » comme il suit :

On appellera :

Mètre, la mesure de longueur égale à la dix-millionième partie de l'arc du méridien terrestre compris entre le pôle boréal et l'équateur;

....

Gramme, le poids absolu d'un volume d'eau pure égal au cube de la centième partie du mètre, et à la température de la glace fondante ».

Cela diffère assez notablement de ce qu'avait dit l'Académie.

Aux Art. 6 et 7, la loi formule nettement le principe de la décimalité et la nomenclature des préfixes, d'origine grecque ou latine, servant à désigner les multiples ou sous-multiples décimaux; et, à l'Art. 8, elle décide que « pour les poids et (les) mesures de capacité, chacune des mesures décimales... aura son double et sa moitié, afin de donner à la vente des divers objets toute la commodité qu'on peut désirer ».

Cependant, les étalons en platine du mètre et du kilogramme étaient constitués; et le 4 messidor an VII (22 juin 1799) une délégation de l'Institut présentait au Corps législatif ces étalons, qui, le jour même, furent déposés aux Archives de la République.

(¹) Elle appelait *bar* les 1000 graves, ce que nous nommons aujourd'hui *tonne*, et elle marquait l'importance de cette grandeur en spécifiant le *décibar* pour 100 graves et le *centibar* pour 10 graves (voir *Histoire de l'Académie pour* 1789, p. 1-18).

Ainsi que l'a fait remarquer M. Benoît ([1]), Trallès, dans son Rapport du 11 prairial an VII (30 mai 1799), sur l'unité de poids, dit que l'eau « sous un volume déterminé constitue l'unité adoptée pour la quantité de matière ou l'unité de poids, parce que nous mesurons le plus ordinairement la quantité de matière par son poids ». Dans son Rapport à l'Académie des Sciences le 29 prairial (17 juin de la même année 1799), van Swinden écrit textuellement : « Qu'est-ce qu'une masse de métal qu'on nomme *kilogramme?* C'est le représentatif d'une masse d'eau prise à son maximum de condensation, contenue dans le cube du décimètre et pesée dans le vide. »

Il est inutile d'insister sur ces textes qui parlent d'eux-mêmes, la nécessité de conserver du système métrique décimal la propriété essentielle de convenir à « tous les peuples » ayant conduit, depuis longtemps déjà, à spécifier comme quantité fondamentale non le poids, variable d'un point à l'autre du globe, mais la masse, quantité invariable.

Mais nous devons encore enregistrer la loi du 19 frimaire an VIII (10 décembre 1799), « qui fixe définitivement la valeur du mètre et du kilogramme », établissant en l'Art. 2 que « le mètre et le kilogramme en platine, déposés le 4 messidor dernier au Corps législatif par l'Institut national des Sciences et des Arts, sont les étalons définitifs des mesures de longueur et de poids dans toute la République » ([2]).

Tout en affirmant la distinction essentielle entre l'unité et l'étalon, la loi de l'an VIII donne en fait une définition nouvelle du mètre et du kilogramme.

Parmi toutes les quantités de même ordre, le choix de l'unité est généralement déterminé par des raisons théoriques. En prenant dans la nature leur unité fondamentale « pour éterniser leur œuvre », les illustres auteurs du système métrique le voulaient immuable et universel. Un motif analogue les conduisait à établir la dépendance du kilogramme au mètre par l'emploi du corps le plus répandu à la surface du globe, pris à un état physiquement déterminé. Ainsi, comme le disait Condorcet en 1791,

---

([1]) J.-R. Benoît, *Rapport sur les unités fondamentales du système métrique* (Note 1); 1903.

([2]) La loi du 4 juillet 1837 n'a fait que rendre « obligatoire en France le système métrique décimal institué par les lois du 18 germinal an III et du 19 frimaire an VIII », en abrogeant le décret du 12 février 1812, qui avait introduit à l'exacte application de ces lois des tempéraments regrettables.

« l'Académie a cherché à exclure toute condition arbitraire, tout intérêt particulier, toute prévention nationale ».

Il fallait réaliser ces unités. On constitua d'abord l'étalon de longueur, peut-être un peu précipitamment. Le mètre en platine des archives est effectivement trop court d'environ $0^m,0002$. Delambre le savait déjà. Mais comme les mesures sur lesquelles repose la construction d'un étalon sont indéfiniment perfectibles, comme ici d'ailleurs l'unité (la distance du pôle boréal à l'équateur) n'est pas bien définie, il faut nécessairement s'arrêter à une représentation approximative de l'unité, pourvu que cette représentation soit elle-même immuable et puisse être constamment reproduite au degré d'approximation voulu.

Le mètre en platine des archives, sanctionné par la loi du 19 frimaire an VIII, a été considéré à juste raison comme représentant définitivement l'unité fondamentale de longueur.

Pour le kilogramme, la question était encore plus complexe. L'erreur inévitable de l'étalon de longueur rejaillit sur l'étalon de poids : provenant d'un mètre trop court, il est lui-même trop léger de $0^g,6$. D'autre part, on devait le rattacher au mètre par une série d'opérations délicates, qui (on le sait seulement aujourd'hui) n'ont cependant entraîné qu'une erreur extrêmement faible, rendant le kilogramme trop lourd de $0^g,027$. Il fut certainement sage de considérer dès l'an VIII le kilogramme des archives comme représentant définitivement l'unité de poids, plus correctement, l'unité de masse.

Du moment qu'un étalon est définitivement fixé, il devient la représentation imprescriptible de l'unité : il en constitue la définition légale en dehors de toute idée théorique.

Aussi, la Commission internationale, chargée en 1872 de préparer les nouveaux prototypes du mètre et du kilogramme, dans les conditions d'inaltérabilité et de précision que permettaient les progrès de la Science, prit-elle soin de régler les nouveaux prototypes le plus exactement possible sur les étalons légaux déposés l'an VII aux Archives, où ils sont précieusement conservés.

La Conférence générale de 1889 sanctionna les nouveaux prototypes internationaux en platine iridié, copiés sur ceux des Archives de France et devant représenter dans l'avenir, pour le monde entier, les unités fondamentales de longueur et de masse.

En conséquence, la loi du 11 juillet 1903 a modifié l'Art. 2 de la loi du 19 frimaire an VIII, en portant reconnaissance de ces prototypes inter-

nationaux, déposés au Pavillon de Breteuil, à Sèvres; et elle a légalisé pour la France les copies qui lui en avaient été remises : copie n° 8 du mètre international, copie n° 35 du kilogramme international. Un décret du 28 juillet 1903 a corrigé, conformément à la loi précédente, le Tableau des mesures légales annexé à la loi de 1837, en y joignant quelques explications succinctes sur les changements introduits.

Ainsi, notre législation, tout en restant fidèle aux principes essentiels du système métrique décimal dont la France avait doté le monde, a suivi l'évolution générale des choses, évolution particulièrement manifestée par les Congrès internationanx.

L'Académie des Sciences s'est déjà montrée favorable au projet de loi, qui lui fut soumis en novembre 1913 et qui, modifié d'après ses indications, fut adopté par la Chambre des Députés dans sa séance du 3 avril 1914, sur le rapport de M. James Hennessy.

Aujourd'hui, M. le Ministre du Commerce lui soumet le projet de décret portant règlement d'administration publique pour l'application de la loi sur les unités de mesure et le Tableau général des unités commerciales et industrielles dressé en exécution de cette loi.

Ce Tableau, qui résume tout le système, paraît réclamer une courte Introduction qui fasse ressortir les idées fondamentales d'un système dont la France a le droit d'être fière, idées parfois trop oubliées chez nous. L'Introduction se terminerait utilement par un Tableau des préfixes et des notations qui désignent les multiples et sous-multiples décimaux ([1]).

([1]) Tel le Tableau suivant :

Tableau des multiples et sous-multiples décimaux.

Puissance de 10 par laquelle est multipliée l'unité.		Préfixe à mettre avant le nom de l'unité.	Symbole à mettre avant le symbole de l'unité.
10^6	ou 1 000 000	méga	M
10^5	100 000	»	»
10^4	10 000	myria	ma
10^3	1 000	kilo	k
10^2	100	hecto	h
10^1	10	déca	da
10^0	1		
10^{-1}	0,1	déci	d
10^{-2}	0,01	centi	c
10^{-3}	0,001	milli	m
10^{-4}	0,000 1	décimilli	dm
10^{-5}	0,000 01	centimilli	cm
10^{-6}	0,000 001	micro	μ

On aura ainsi, en tenant compte de noms et de symboles consacrés par l'usage :

L'Académie tient à rappeler l'importance du système C. G. S. dans certains calculs d'électricité industrielle, auxquels convient mal le système des unités dites *pratiques*. Cette importance est justement soulignée par la colonne C. G. S. qui, tout le long du Tableau, court parallèlement à la colonne M. T. S.

Rigoureusement parlant, l'unité de puissance M. T. S. est distincte à la fois du kilowatt des électriciens en usage jusqu'à présent et du kilowatt défini par la Conférence de Londres; toutefois les différences numériques peuvent être négligées dans la pratique.

L'Académie approuve à l'unanimité l'ensemble du projet, qu'elle estime correctement adapté aux besoins actuels du Commerce et de l'Industrie.

La séance est levée à 16 heures et demie.

G. D.

---

						tonne = 1000kg..	t
kilomètre......	km	kilomètre carré.	km^2			kilogramme....	kg
hectomètre.....	hm	*hectare*........	ha			hectogramme...	hg
décamètre......	dam	*are*............	a			décagramme....	dag
mètre..........	m	mètre carré....	m^2	mètre cube.....	m^3	gramme........	g
décimètre......	dm	décimètre carré.	dm^2	décimètre cube.	dm^3	décigramme....	dg
centimètre.....	cm	centimètre carré.	cm^2	centimètre cube.	cm^3	centigramme...	cg
millimètre......	mm	millimètre carré.	mm^2	millimètre cube.	mm^3	milligramme....	mg
micron ([a]).....	μ						

([a]) Millième de micron... $m\mu$.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1915.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 160.

A

ASTRONOMIE.

B

C

D

E

ÉLECTRICITÉ.

F

G

GÉOLOGIE.

H

I

L

M

MAGNÉTISME.

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

MÉDECINE.

MÉTÉOROLOGIE.

MICROBIOLOGIE.

MINÉRALOGIE.

N

O

OPTIQUE.

P

PALÉONTOLOGIE.

PATHOLOGIE.

PHYSIOLOGIE.

PHYSIQUE.

R

S

T

U

V

Z

ZOOLOGIE.

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

O

P

R

S

T

V

W

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
56277 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.